



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta textilní



# TVORBA DVOUVRSTVÉHO LAMINÁTU S FUNKČNÍ PLETENINOU

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3957 – Průmyslové inženýrství  
*Studijní obor:* 3901T073 – Produktové inženýrství  
*Autor práce:* **Kateřina Plšková**  
*Vedoucí práce:* Ing. Roman Knížek





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering



# FORMATION OF TWO-LAYER LAMINATED WITH A FUNCTIONAL KNITTED FABRICS

## Diploma thesis

*Study programme:* N3957 – Industrial Engineering  
*Study branch:* 3901T073 – Product Engineering

*Author:* **Kateřina Plřková**  
*Supervisor:* Ing. Roman Knížek



Tento list nahradte  
originálem zadání.

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Romanu Knížkovi, za odborné vedení, za cenné rady a připomínky při psaní této práce.

Dále bych chtěla poděkovat doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D., prof. Ing. Luboši Hesovi, Dr.Sc., prof. RNDr. Janu Pickovi, Ing. Janě Pichové, Ing. Denise Karhánkové za odborné rady a konzultace, za poskytnutí informací při měření v laboratoři.

V neposlední řadě patří velké dík mé rodině a blízkým přátelům za neustálou podporu při studiích.

# ANOTACE

Tématem této diplomové práce je tvorba dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou, kde bude místo klasické podšívky použita funkční pletenina. Cílem práce je vytvořit nový druh materiálu, který by měl skloubit první vrstvu tedy funkční pleteninu a vrchní vrstvu v podobě dvouvrstvého laminátu. Tento nový materiál by měl mít dobrou paropropustnost, příjemný omak a měl hřát. Teoretická část je zaměřena na problematiku týkající se komfortu a outdoorového oblečení. Dále je v práci uveden stručný popis prováděných laboratorních zkoušek a popis přístrojů, na kterých byly zkoušky prováděny. V praktické části je uveden popis vzorků a vyhodnocené experimentální měření. Porovnání nově vzniklého materiálu s materiálem s podobnými vlastnostmi. Vyhodnocené výsledky jsou zobrazeny v tabulkách a grafech s patřičnými popisky. V závěru práce je uveden produkt, který byl zvolen k výrobě z nově vzniklého materiálu. Dále pak diskuze v podobě možného vylepšení nově vzniklého materiálu v podobě dalšího experimentálního měření.

## KLÍČOVÁ SLOVA:

Pleteniny, speciální syntetická vlákna, elektrostatické zvlákňování, technologie Nanospider, membrány

# ANNOTATION

The main topic of this thesis is to create a two-layer laminate with free lining, where it will be used functional knit lining instead of classic lining. The main aim is to create a new kind of material that should combine a first layer - functional knit and an upper layer two-layer laminate. This new material should have good vapour permeability, pleasant touch and should be heated. The theoretical part is focused on an issue which is related on comfort and outdoor clothing. The thesis also shows a brief description of the laboratory tests and also devices where the tests were conducted. The practical part describes samples of products and evaluated of experimental measurements. The next issue is to compare a newly created material and a material with similar properties. All results are presented in tables and graphs with the appropriate labels. In conclusion there is a product that has been selected for production of new material. Furthermore, this thesis includes discussion regarding possible improvements of new material by new experimental measurements.

## KEY WORDS:

Knitted fabrics, special synthetic fibres, electrostatic spinning, Nanospider, membranes

## **OBSAH**

Úvod .....	9
Teoretická část .....	10
1. Outdoorové oblečení .....	10
1.1. Historie outdoorového oblečení .....	11
1.2. Tkaniny .....	11
1.2. Pleteniny .....	13
2. Komfort oděvu .....	13
3. Funkční prádlo .....	14
3.1. Materiálové složení .....	16
3.2. Tepelně-izolační vrstva .....	17
3.3. Ochranná vrstva .....	18
3.4. Membrány .....	18
4. Membrána Nanoprotex .....	21
4.1. Elektrostatické zvlákňování .....	22
4.2. Technologie Nanospider <sup>TM</sup> .....	23
5. Měření komfortních vlastností .....	24
5.1. Propustnost vodních par .....	24
5.2. Termofyzikální parametry a tepelně-izolační vlastnosti .....	27
5.3. Propustnost vzduchu .....	28
5.4. Tloušťka .....	28
5.5. Hydrostatická odolnost .....	28
5.6. Měření vzlínivosti .....	29
Praktická část .....	30
6. Firma Sintex .....	30
6.1. Popis měřených vzorků .....	30
6.2. Materiálové složení měřených vzorků .....	34
6.3. Měření komfortních vlastností .....	35
7. Vyhodnocení výsledků .....	40

7.1. Vyhodnocení výsledků měřených úpletů.....	40
7.2. Vyhodnocení výsledků vytvořeného dvou vrstvého laminátu s volnou podšívkou.....	49
7.3. Návrh vhodného výrobku.....	57
ZÁVĚR.....	58
Použitá literatura .....	61
Seznam tabulek.....	65
Seznam obrázků.....	66
Seznam příloh.....	68
Příloha 1 - Snímky funkčních úpletů.....	69
Příloha 2 - Naměřené hodnoty funkčních úpletů .....	83
Příloha 3 - Naměřené hodnoty dvou vrstvého laminátu s volnou podšívkou.....	86
Příloha 4 - Skript použit v programu Matlab pro jednovýběrovou anovu.....	86
Příloha 5 - Měření vzlínivosti .....	87



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

R	prodyšnost	$[l\ m^{-2}s^{-1}]$
P <sub>rel</sub>	relativní propustnost pro vodní páry	[%]
R <sub>ct</sub>	tepelný odpor	$[m^2\ K\ W^{-1}]$
R <sub>et</sub>	výparný odpor	$[Pa\ m^2\ W^{-1}]$
p <sub>we</sub>	parciální tlak	[Pa]
h	tloušťka materiálu	[mm]
b	tepelná jímavost	$[W\ m^{-2}s^{1/2}K^{-1}]$
λ	měrná tepelná vodivost	$[W\ m^{-1}K^{-1}]$
q	tepelný tok	$[W\ m^{-2}\ K^{-1}]$
q <sub>0</sub>	tepelný tok odparu z volné vodní hladiny o průměru vzorku	$[W\ m^{-2}\ K^{-1}]$
q <sub>v</sub>	tepelný tok po zakrytí volné vodní hladiny vzorkem	$[W\ m^{-2}\ K^{-1}]$
T <sub>a</sub>	teplota vzduchu ve zkušebním prostoru	[°C]
T <sub>m</sub>	teplota měřicí jednotky	[°C]
p <sub>a</sub>	parciální tlak vodní páry ve vzduchu	[Pa]
d	průměr vláken	[μm]
F	síla	[N]
°C	stupeň Celsia	
tzv.	tak zvaný	
např.	například	

## ÚVOD

Outdoorové sporty se v posledních letech staly velkou zálibou u mnoha sportovců. Tento druh sportu si vyžaduje kvalitní oblečení, a proto je důležité sledovat nové trendy. Oděvy pro tyto náročné sporty, vyžaduje funkčnost při velmi rozdílných podmínkách od extrémně nízkých teplot po extrémní teplo. Díky sledovanosti nových trendů přichází na trh stále nové a nové výrobky a vymoženosti, které neměly v dané podobě zastoupení. Tímto směrem se bude ubírat i tato diplomová práce.

Tato diplomová práce se bude zabývat výrobou dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou s využitím funkční pleteniny jako podšívkového materiálu. Jedná se o nový druh výrobku, kde se kombinuje první vrstva v podobě funkční pleteniny, jako podšívkového materiálu s vrchní vrstvou dvouvrstvého laminátu. Cílem této práce je vyvinout nový druh materiálu, který by měl dobrou propustnost pro vodní páry, měl by zahřát a mít příjemný omak.

V úvodu diplomové práce bude seznámeno s problematikou outdoorového oblečení a komfortu oděvu. Historie outdoorového oblečení, použité materiály. Dále bude seznámeno s problematikou funkčních pletenin jejich složení, funkce a použití. V teoretické části budou dále popsány membrány jejich vlastnosti a použití. Podrobně popsány materiály, které byly použity na měřené vzorky. Jejich složení, vlastnosti a použití. Popsány budou také komfortní vlastnosti, které byly proměřovány na vybraných materiálech. Popis jednotlivých přístrojů.

Praktická část se bude zabývat samotnou problematikou této diplomové práce. V úvodu krátce o firmě, která vyrábí a zároveň poskytla funkční pleteniny pro dané měření. Dále pak popis samotného experimentálního měření s popisem jednotlivých zkoušek. Výběr vhodných úpletů pro tvorbu dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou. V závěru práce budou vyhodnoceny výsledky a zobrazeny v tabulkách a grafech s patřičnými komentáři a závěry.

Cílem práce je vytvořit nový druh materiálu za pomoci dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou, kde klasickou podšívkou nahradí funkční pletenina. Nově vytvořený materiál by měl splňovat následující požadavky: dobře propouštět vodní páry, dobré tepelně izolační vlastnosti a příjemný omak. Z nově vytvořeného materiálu bude následně navrhnut vhodný výrobek, který bude následně ušit a testován na uživatelích.

## TEORETICKÁ ČÁST

### 1. Outdoorové oblečení

Tento termín je všeobecně chápán jako označení pro pobyt venku, jednoduše řečeno je to určitý způsob trávení volného času. Zahrnuje veškeré aktivity, které probíhají mimo uzavřené prostory. Outdoor v překladu znamená „za dveřmi“ (z anglického překladu: out – venku, za; door – dveře). Převážně je tento termín využíván výrobci

a prodejci jako obchodní označení pro výrobky určené k venkovním aktivitám. Outdoorový styl v oblékání je specifický pro lidi provozující aktivní sport a vysokohorskou turistiku. Tento druh sportovní aktivity si vyžaduje velmi kvalitní oblečení se specifickými vlastnostmi. K výrobě takovýchto oděvů už bohužel nestačí klasické výrobní postupy nebo finální úpravy. Pro dosažení dostatečného komfortu, který je vyhovující posledním trendům, se používají speciální textilie, které svoje specifické vlastnosti získaly při technologickém zpracování nebo použitím speciálních vláken. Uživatelé očekávají od těchto materiálů vysoký komfort a maximální ochranu před okolními vlivy. Svrchní outdoorové ošacení by mělo odolávat i velmi nepříznivému počasí. Materiály by měly být nepromokavé, větruvzdorné, paropropustné, aby se uživatel při větší zátěži nebo při náročném terénu nezapotil a také odolné proti mechanickému poškození. Maximálního komfortu při nošení a funkčnosti oděvu lze dosáhnout použitím speciálních vláken a dalších technologií, jak již bylo zmíněno výše. Stále častěji se kombinuje více materiálů na jednom kuse oblečení. Stříhové segmenty podporují funkční potřeby jednotlivých částí těla. Správnou funkci oděvu lze dosáhnout tzv. cibulovým způsobem oblékání, jinak řečeno systémem vrstvení oblečení. Nejčastěji používaný systém je třívrstvý, který se skládá z regulační vrstvy, tepelně-izolační a ochranné vrstvy. Úkolem tohoto třívrstvého systému oblékání je právě ochrana uživatele před okolními vlivy, regulace teploty venku a teploty těla a také odvod vodní páry od pokožky.

Outdoorové oblečení můžeme rozdělit[1]:

- a) Rekreační – takové oblečení, které zajišťuje dostatečný komfort při sportovních aktivitách

- b) Profesionální – tyto oděvy takové zajišťují dostatečný komfort, navíc jsou schopny zlepšovat sportovní výkony.

### **1.1. Historie outdoorového oblečení**

První outdoorové oblečení se objevilo ve 40. letech 20. století v Manchesteru. Vědci ze Shirley institutu vyvinuli bavlněnou tkaninu pod názvem Ventile. Kombinéza z této tkaniny byla vyvinuta pro britské letce RAF. Její specifickou vlastností je její schopnost prodloužit dobu potřebnou k přežití při ztroskotání v ledovém oceánu z desítek sekund až na 20 minut. Tkanina je tedy prvním předchůdcem dnes známých nepromokavých textilií. Výhodou této tkaniny je její velmi hustá vazba oproti ostatním tkaninám. Vyrábí se, jak již bylo zmíněno výše, z bavlněných vláken, tedy z dlouhovláknenné bavlny. Bavlněná vlákna mají specifickou vlastnost, při styku s vodou jsou schopna vodu absorbovat a zvětšit tak svůj objem. Tím dojde k uzavření mezer v tkanině a ta se tak stává nepromokavou. Oblečení z této tkaniny je velmi oblíbené i dnes díky použití přírodního materiálu. Paropropustnost této tkaniny je  $\text{Ret } 3,3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ . Tkanina se od ostatních liší i tím, že se na ni nesmí nanášet žádné přípravky, které obnovují nesmáčivý povrch, touto impregnací by došlo ke zhoršení vlastností tkaniny.[1]

### **1.2. Tkaniny**

Tkaniny se v outdoorové oblečení nejčastěji používají ke svrchnímu ošacení. Vyrábí se zejména ze syntetických přízí, v posledních letech se však výrobci vracejí k přírodním vláknům a to z toho důvodu, že přírodní materiál je příjemnější na omak a nevydává šustiví zvuk, který je v některých aktivitách nežádoucí.

V outdoorovém oblečení se objevuje mnoho typů tkanin, častěji můžeme narazit na tkaninu s ripstop strukturou neboli Ripstop tkanina. Druhou velmi často objevovanou je tkanina softshell. Zde je spojeno tepelné a protivětrné ochrany s mechanickou odolností a do určité míry nepromokavostí. [1]

### **1.2.1. Softshell**

Na internetovém portálu Treking uvádí Kamil Balaj[2], že softshell je označení pro moderní vícevrstvé druhy materiálů, které se používají k výrobě sportovního oblečení zejména tedy pro outdoorové sporty. Tento typ vícevrstvého materiálu má nahradit již známý tzv. cibulový způsob oblékání. Jeden výrobek by měl skombinovat nepromokavost, tepelnou odolnost, větruvzdornost a prodyšnost v nejlepším poměru. Softshell materiálů je již na trhu velké množství. Liší se použitím různých druhů membrán a vnitřního materiálu. Vrchní vrstva bývá z hustě dostavěných tkanin opatřena voodpudivým polyuretanovým povrchem nebo pletenina. Takto opatřený povrch odolává vsáknutí dešťových kapek a sníh na něm neulpívá. Je i částečně větruvzdorný. Vnější vrstva může být v podobě microfleece, ten se používá pro teplé varianty softshellu. Dále froté a Softshell pleteniny (Jersey). Softshell může a nemusí být opatřen membránou. Podle použití membrány se softshell rozděluje[2]:

#### ***Bezmembránový softshell – dvojvrstvý laminát***

Jedná se o softshell vyrobený ze dvou vrstev. Vnější vrstva je tvořena hustě dostavěnou tkaninou, která je opatřena voodpudivou úpravou (polyuretanový povrch). Vyrábí se nejčastěji z polyesterových nebo polyamidových vláken. Vnitřní vrstva je tvořena z fleecové pleteniny, která uchovává teplo a odvádí vlhkost ven. U tohoto typu softshellu nenajdeme uvnitř membránu. Vnější a vnitřní vrstva je spojena pomocí pojivého materiálu.[1]

#### ***Membránový softshell – třívrstvý laminát***

Tento typ softshellu je tvořen ze tří vrstev. Vnější vrstva je tvořena stejně jako bezmembránový softshell, tedy z hustě dostavěné tkaniny z polyamidových nebo polyesterových vláken. Tkanina je opět opatřena hydrofobní úpravou (DWR). Prostřední vrstvu tvoří membrána nejčastěji z polyuretanu, polytetrafluoretylenu nebo polyesteru. Vnitřní vrstva je tvořena polyesterovou fleecovou pleteninou, která opět uchovává teplo a odvádí vlhkost.[1]

## 1.2. Pleteniny

Pleteniny se v outdoorovém oblečení využívají především jako tepelně izolační vrstva. V posledních letech se vyrábí pleteniny z takových materiálů, které jsou schopné odvádět pot od pokožky a jsou tedy využívány i jako první vrstva oděvu, která je ve styku s pokožkou. Tyto pleteniny se označují jako funkční. Pot od těla je odváděn tzv. kapilárním odvodem. Úplety používané pro spodní prádlo bývají velmi často více vrstvé a rozbor těchto vazeb bývá poměrně obtížný.[1]

V této diplomové práci se bude právě pleteninou nahrazovat klasická podšívka, která se používá při ochraně membrán. Nahrazením klasického podšívkového materiálu pleteninou bude dosaženo lepších fyziologických vlastností s ohledem na zlepšení odvodu potu, příjemnějšího omaku a zároveň si zachová klasické vlastnosti membránových výrobků, jako je hydrostatická odolnost.

## 2. Komfort oděvu

„Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly.“[3] Jednoduše řečeno se jedná o pocit pohody, kdy nepociťujeme chlad ani nadměrné teplo. Komfort se dělí: psychologický, senzorický, patofyziologický a termofyziologický komfort.

Senzorický komfort zahrnuje vjemy a pocity člověka při styku první vrstvy oděvu s pokožkou. Tyto pocity mohou být příjemné i nepříjemné. Jsou ovlivněny komfortem nošení a omaku. Komfort nošení je proměnlivý podle povrchové struktury použité textilie, mechanických vlastností ovlivňující rozložení sil a tlaků, schopnosti textilie absorbovat a transformovat plynou a kapalnou vlhkost. Omak je založen na vjemech zachycené pomocí prstů a dlaně, jedná se však o subjektivní veličinu.

Komfort při nošení oděvních textilií je ovlivněn také působením patofyziologických vlivů, tedy působením chemických substancí v materiálu a mikroorganismů vyskytujících se na pokožce.

Termofyziologický komfort oděvů se charakterizuje podle dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu. Výparný odpor je důležitý při ochlazování těla. Ochlazování je závislé na rozdílu parciální tlaků vodních par na povrchu pokožky a

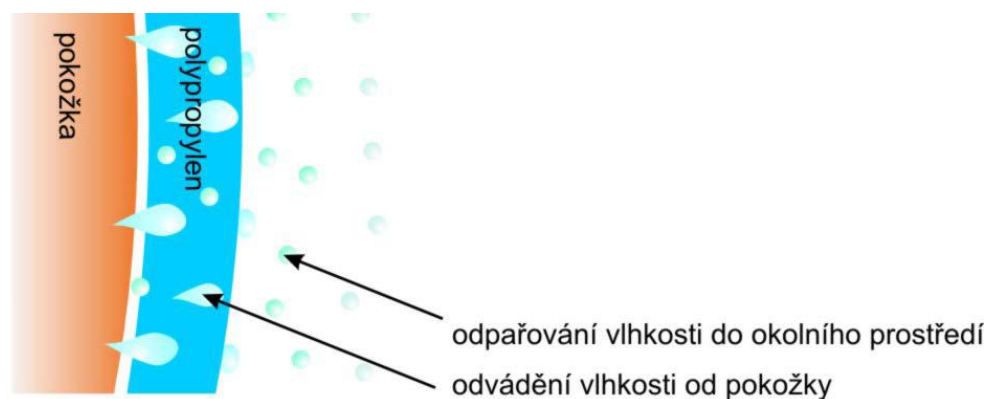
ve vnějším prostředí. Termoregulace v lidském organismu probíhá neustále, pro lidský organismus nastává stav termofyziologického komfortu při teplotě pokožky 33-35°C a při nepřítomnosti vody na pokožce. Pokud se relativní vlhkost vzduchu pohybuje v rozmezí 50±10%, rychlost proudění vzduchu je 25±10 cm/s a obsah oxidu uhličitého v ovzduší na úrovni 0,07%. Optimální hodnoty komfortu oděvů výrazně ovlivňuje druh použitých materiálů. [3]

### 3. Funkční prádlo

Dříve bylo funkční prádlo využíváno převážně vrcholovými sportovci. V dnešní době ho využívá velká většina aktivních sportovců. Funkční prádlo je používáno jako první vrstva, která je přímo v kontaktu s pokožkou. Představuje sací vrstvu, která transportuje pot od pokožky pomocí knotového efektu do další sací vrstvy nebo do okolního prostředí. Zároveň udržuje tělesné teplo má tedy i termo izolační vlastnosti. Vlhkost se v podobě vodní páry odvádí od pokožky jako teplo, které je přenášeno vedením nebo prouděním. Hnací silou je gradient mezi koncentrací nasycené páry nebo nasyceným tlakem  $p_{WSAT}$  [Pa] na povrchu lidské pokožky a aktuální koncentrací vodní páry a jejich parciálním tlakem  $p_{WE}$  [Pa] v okolním prostředí. K termoregulaci organismu v podobě odvodu potu je zapotřebí dostatečná rozdílnost parciálních tlaků páry na povrchu pokožky a v okolí. [3]

Funkční prádlo se nejčastěji vyrábí ze syntetických vláken např. polypropylen, polyester, polyamid. Tyto vlákna bývají převážně speciálně tvarovaná a pot ulpívající na kůži se při kontaktu s první textilní vrstvou odvede kapilárními cestami do plochy textilní vrstvy všemi směry, dochází k tzv. kapilárnímu odvodu. K intenzivnímu odvodu potu dochází, pokud prostor mezi těmito speciálně tvarovanými vlákny je co nejmenší a adheze mezi kapalinou a vlákny dostatečně malá. Díky nízkým adhezním silám dochází také k rychlému sušení. [3] Stále častěji se však používají i materiály přírodního původu, mezi které patří Merino vlna a bambusová vlákna. Materiály z těchto vláken mají příjemná omak, hřejí, dobře odvádí vlhkost od pokožky do ostatních vrstev. Funkční prádlo se vyrábí z pletenin různé konstrukce. Z hlediska konstrukce se funkční prádlo rozděluje[4]:

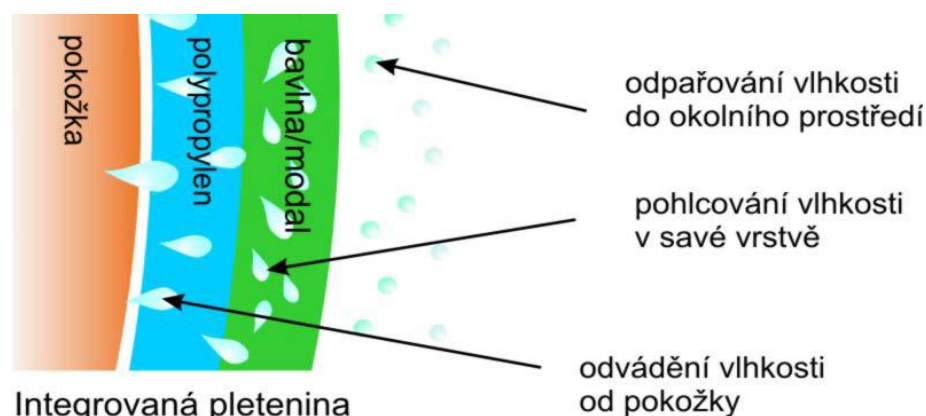
**Jednosložkové** – tyto pleteniny odvádí vlhkost od pokožky do další vrstev nebo přímo do okolí a tím udržuje pokožku v suchu



Jednosložková pletenina

Obrázek 1- Jednosložková pletenina[5]

**Integrované** - tyto pleteniny jsou vyrobeny z vrstvy polypropylenu a vrstvy bavlny. Toto vrstvení se provádí kvůli urychlení odvodu vlhkosti od pokožky. Polypropylen má za úkol odvádět pot od pokožky a bavlna nebo modal urychlují odvod vlhkosti[4].



Integrovaná pletenina

Obrázek 2 – Integrovaná pletenina[5]

V dnešní době najdeme mnoho firem, jejichž marketingovým zaměřením je právě výroba a prodej funkčních materiálů. Mezi přední výrobce funkčních materiálů v České republice patří firmy Moira, Jitex, Sintex, Klimatex. Všechny tyto firmy vyrábí své úplety ze speciálních syntetických vláken nebo ze stále častěji se objevujících přírodních vláken např. Merino vlna, bambusová vlákna. Mezi speciální vlákna patří např. Moira. Mezi další speciální syntetická vlákna patří Coolmax<sup>®</sup>, Termocool, Termolite<sup>®</sup>. O těchto vláknech bude podrobněji hovořeno v kapitole 6.1.



### **3.1. Materiálové složení**

#### **3.1.1. Polyester**

Polyesterová vlákna, jsou často používány pro jejich snadné zpracování. Jsou velmi odolná proti oděru, mikroorganismům, světlu a povětrnostním vlivům. Navlhavost tohoto materiálu je poměrně nízká, tudíž nebobtná a neprodukuje smáčecí teplo, ale vyšší než u polypropylenu. Je odolný proti vyšším teplotám a tudíž se dá žehlit. Polyester má silný kladný elektrický náboj, který působí záporně na pokožku náchylných jedinců a může tedy způsobovat kožní alergie. Dále je obtížně barvitelný, má vysokou žmolkovitost, vysokou měrnou hmotnost, přitahuje prach, čímž stoupá jeho špinavost. Teplota zesklnění je 80 °C, teplota měknutí 230 °C a teplota tání 258 °C. Materiály, které byly k dispozici při prováděných experimentech, jsou vyrobeny z různě profilovaných polyesterových vláken. [6]

#### **3.1.2. Polypropylen**

Polypropylenová vlákna jsou známa svojí nízkou hmotností jak mezi syntetickými vlákny tak vlákny přírodními. Hustota těchto vláken je nižší než hustota vody a jsou tedy schopny plavat na vodě. Mají nízkou sorpci vody, jsou tzv. hydrofobní. Díky této vlastnosti jsou schopny udržet si své pevnostní a rozměrové charakteristiky i ve vlhkém prostředí. Jsou odolné proti nečistotám a mikroorganismům. [7]

#### **3.1.3. Polyamid**

Polyamidová vlákna se vyrábějí v několika druzích. Mezi nejrozšířenější patří vlákna polyamid 6 (PA 6) a vlákna z polyamidu 6.6 (PA 6.6). Polyamid 6 objevil Paul Schlack firma A. G. Farben v roce 1938. Známe jej pod obchodním názvem Silon. Polyamid 6.6 vynalezla firma DuPoint v roce 1935 pod názvem Nylon. [7] V kapitole 6. 1. bude podrobně popsán polyamid 6 nyní jen něco málo k všeobecným vlastnostem polyamidu. Polyamid se vyznačuje vysokou pevností v tahu a odolností proti oděru a mikroorganismům. Jsou stejně hořlavé, ale těžko se zapalují, před samotným hořením se začnou tavit a vzniká tuhá tavenina. Jsou nevodivá a mají velký sklon k žmolkovitosti. Jsou málo odolná vůči slunečnímu záření (žloutnou). Dále mají velmi

nízkou navlhavost, nevýhodou je horší barvitelnost v porovnání s přírodními vlákny, naopak výhodou je, že rychle schnou. [6]

#### **3.1.4. Vlna**

Patří mezi přírodní vlákna živočišného původu, řadí se mezi keratinová vlákna, struktura keratinového řetězce jim vkládá určité specifické vlastnosti. Strukturu vlněného vlákna tvoří několik odlišných svazků parakortexu a ortokortexu, podílem těchto složek se udává míra zkadeření vlákna. Vlněná vlákna mají dobrou pružnost, tažnost, ohebnost a zotavovací schopnost. Díky obloučkovitosti jsou dobrými tepelnými izolanty. Mají vysokou schopnost sorpce vody, která způsobuje bobtnání vlasu se suchým povrchem díky hydrofobní části kůry. Při dlouhodobém působení teploty nad 100 °C vlákno ztrácí svoji pružnost. Při 160 °C vlna žloutne a hnědne, nad 180 °C vlna křehne a silně zapáchá uvolňujícím se sirovodíkem a amoniakem. Přírodní vlákna však bývají často napadány mikroorganismy, plísněmi aj. proto je nutná preparace ochrannými prostředky. V této diplomové práci je použita vlna merinová. Vlna Merino je získávána z ovcí chovaných na Novém Zélandě, Austrálii a Jižní Africe. Jemnost těchto vláken se pohybuje do 24 µm. Více k tomuto typu vlákna viz kapitola 6.1.7. [6]

#### **3.1.5. Elastan**

Je elastické syntetické vlákno. Při protažení se jeho délka až ztrojnásobí a po následném uvolnění se zcela vrátí do původního tvaru. Byl vyvinut firmou DuPont v roce 1959. Vlákno se do materiálů přidává v kombinaci s jinými vlákny, syntetickými nebo přírodními z důvodu větší pružnosti daného výrobku. Záleží, k čemu je daný materiál určen a jaké funkce by měl mít. [8,9]

### **3.2. Tepelně-izolační vrstva**

Druhou částí třívrstvého systému oblékání je tepelně-izolační vrstva, kterou se rozumí různé druhy fleecových bund. Umělá vlákna obsažená v těchto bundách přebírají odváděnou vlhkost od první vrstvy a dále ji vede pryč od těla. Zároveň je i dobrým izolantem. [10]

### 3.3. Ochranná vrstva

Třetí ochrannou vrstvou se rozumí veškeré svrchní ošacení, tedy kalhoty i bundy, které musí odolávat vnějším vlivům. Toto ošacení musí splňovat velmi vysoké nároky, mezi které patří maximální prodyšnost, voděodolnost, větruvzdornost a odolnosti proti mechanickému namáhání. Bundy používané pro outdoorové sporty jsou opatřeny zátěrem nebo membránou. [10]

### 3.4. Membrány

Membránou se rozumí tenká polymerní vrstva. Tloušťka polymerní vrstvy se pohybuje řádově v jednotkách mikrometrů. Membránové materiály mají za úkol propouštět vlhkost ve formě vodní páry vyprodukovanou naším organismem ven od těla a zároveň nepropouštět vlhkost zvenčí. Dále by měly odolávat povětrnostním vlivům.[11]

Druhy membrán podle technologie[12]:

#### ***Mikroporézní membrány (hydrofobní)***

Tato membrána připomíná svoji strukturou „houbu“. Má mnoho malých pórů uspořádaných do labyrintové struktury. Tyto membrány jsou založeny na principu velikosti pórů a velikosti molekuly vody a vodní páry. Póry membrány jsou natolik malé, aby jimi neprošla kapka vody, ale zároveň natolik velké aby jimi prošla molekula vodní páry. Díky tomu dochází k prostupu pouze molekul vodní páry a vzduchu. Velikost těchto pórů se pohybuje v rozmezí 0,1- 3 $\mu$ m.

#### ***Neporézní membrány (hydrofilní)***

Tyto membrány nemají póry a jsou závislé na hydrofilitě stavebního polymeru. Přenos vlhkosti je založen na chemicko-fyzikálním principu. Voda ve formě potu je na vnitřní straně membrány rozváděna do materiálu a chemickou cestou transportována napovrch.

Membrány se pojí s vrstvami plošných textilií pomocí laminace. Laminací se tedy rozumí spojení dvou a více vrstev plošných textilií, která zajistí lepší odolnost

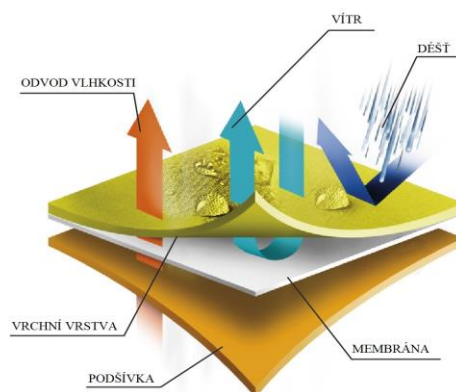
prosti poškození membrány. Membrány tedy můžeme dále rozdělit podle provedení spojení membrány s materiálem:

### ***Dvouvrstvý laminát***

Membrána je nalaminována pouze na spodní straně svrchního materiálu. Nevýhodou tohoto laminátu je nechráněná membrána a vlivem tření při nošení dochází k poškození membrány. Odolnost proti proniknutí vody však není ovlivněna a je srovnatelná s třívrstvým laminátem. Paropropustnost je lepší ve srovnání s třívrstvým laminátem. Výhodou je i jeho lehkost. Tento typ laminátu se v praxi vyskytuje ojediněle.[12]

### ***Dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou***

Podobný typ jako dvouvrstvý laminát, kde je membrána nalaminovaná pouze na spodní straně vnějšího materiálu. Oproti dvouvrstvému laminátu je membrána chráněna volnou podšívkou. Nevýhodou tohoto laminátu je právě použití volné podšívky. Membrána sice je chráněna, ale vlivem tření způsobené nošením dochází k poškození membrány. [12]



Obrázek 3 – Dvou vrstvý laminát s volnou podšívkou[13]

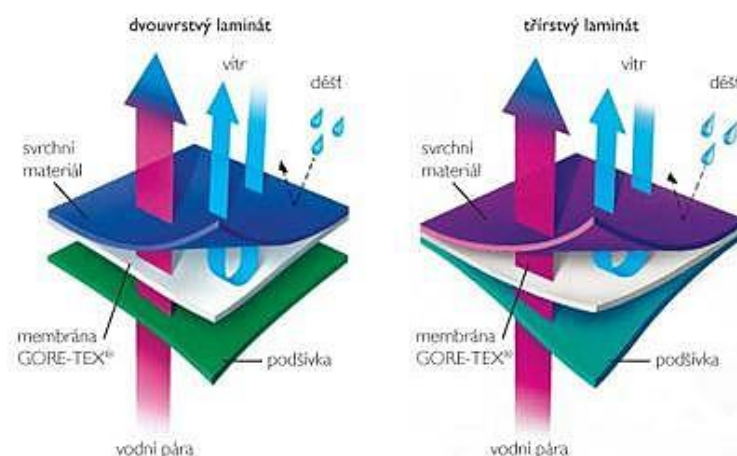
### ***Dvou a půl vrstvý laminát***

Membrána je nalaminována pouze na vnitřní stranu vnější tkaniny a zevnitř je chráněna vrstvou např. polymerních vláken, která jsou nanášena na membránu. Při

porovnání dvou a půl vrstvého a třívrstvého laminátu je třívrstvý laminát odolnější, ale dvou a půl vrstvý laminát má nižší hmotnost a skladnost.[12]

### ***Třívrstvý laminát***

Membrána je laminována mezi podšívku a vnější tkaninu. Tyto tři vrstvy tak tvoří jeden celek, který je méně poddajný, ale odolný proti mechanickému poškození.[12]



Obrázek 4 – porovnání dvouvrstvého a třívrstvého laminátu[14]

### ***Provedení s volně vloženou membránou (Z-liner)***

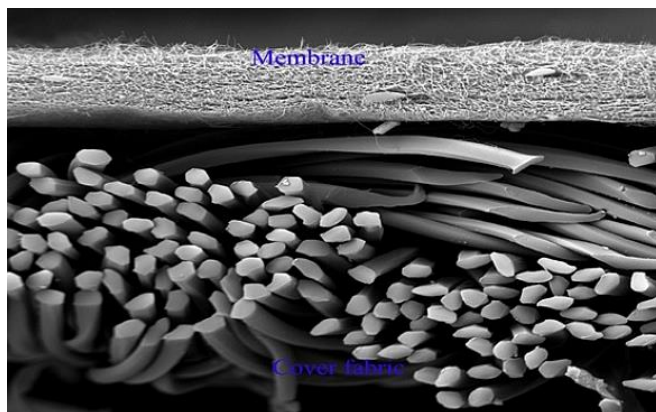
V tomto případě se nepoužívá laminace a nelze tedy říct, že jde o laminát. Jedná se o tzv. volně vloženou membránu, kde je membrána vložena mezi vrchní tkaninu a podšívkový materiál a podlepena pouze ve švech. Takto vložená membrána si nejlépe zachovává svou funkci. U laminových membrán samotnou laminací dochází ke snížení její funkčnosti, ale zlepšení ochrany membrány proti mechanickému poškození.[12]

V této diplomové práci bude tvořen dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou za použití vrchní tkaniny ze 100 % polyamidu, membrány Nanoprotex a místo podšívkového materiálu, zde bude použita funkční pletenina.

## 4. Membrána Nanoprotex

Tato membrána byla vyvinuta ve společnosti Nanoprotex. Společnost je jediná firma na světě, která vyrábí membránu z polyamidu 6. Výhodou použití polyamidu 6 při výrobě membrány spočívá v jeho tepelné stálosti. Udrží si svoji tepelnou stálost při vysokých i extrémně nízkých teplotních podmínkách. Výzkumní pracovníci se při vývoji této membrány inspirovali lidskou pokožkou, která má schopnost nevnímaného pocení.

Chloubou této membrány je extrémně vysoká paropropustnost, která je dána nanovláknennou strukturou membrány. Nanovláknna jsou nejjemnější vlákna, jejich průměr je 150nm. Membrána Nanoprotex má oproti mikroporézním membránám větší počet póru na danou plochu. Díky



Obrázek 5 – membrána Nanoprotex[17]

většímu počtu pórů na dané ploše je schopna propouštět dvakrát více odpařeného potu přestože póry mikroporézní a nanovláknenné membrány jsou stejně velké. Paropropustnost samotné membrány je  $\text{Ret } 0,0 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ . Membrána Nanoprotex je navíc opatřena speciálním karbonovým filmem, který zabraňuje ucpávání pórů tukem, který je součástí potu. [15]

První zmínky o výrobě bundy s membránou z nanovláken byly v roce 2011. Firma Direct Alpin byla první firma v Česku, která chystala výrobu sportovních bund s touto membránou. První oblečení s membránou Nanoprotex bylo v prodeji v zimní sezóně 2013/2014. Zájem o tuto novinku projeví i zahraniční výrobci. Spuštění průmyslové výroby byl pánován na březen 2013. Velký zájem projevila i firma Tilak, která patří mezi přední výrobce outdoorového oblečení v České republice. [16]

### Vlastnosti membrány Nanoprotex

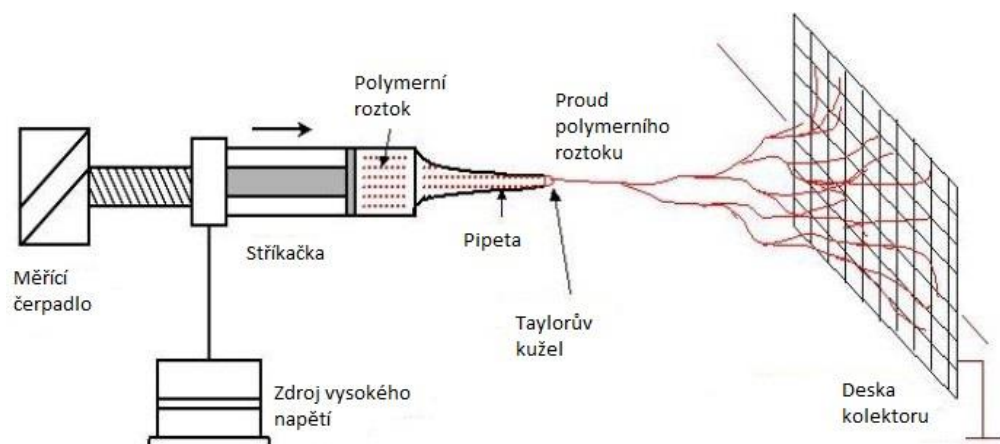
- 100% větruodolnost
- Vysoká paropropustnost
- Hydrostatická odolnost (od 10 000)

#### **4.1. Elektrostatické zvlákňování**

Elektrostatické zvlákňování je způsob tvorby ultra jemných vláken z polymerního roztoku nebo taveniny pomocí silného elektrostatického pole. Rozměr nanovláken se pohybuje v submikonovém rozsahu, tedy v rozsahu do 1000nm. Výhodou těchto vláken je jejich použití pro širokou škálu aplikací. Používají se pro vysoce účinné filtry, separační membrány, výztuhy pro kompozitní materiály, biologické aplikace, tkáňové inženýrství, nanoelektrická zařízení a vodíkové nádrže pro palivové nádrže. Své místo si našly i v oděvním průmyslu. Díky jejich velkému měrnému povrchu vláken, velké pórovitosti vlákenné vrstvy a malému rozměru pórů jej výrobci využívají na výrobu nanovláknenných membrán pro svrchní ošacení. Malé rozměry pórů způsobují průchod vodní páry na povrch, ale zabraní průchodu molekuly vody skrz materiál zvenčí.

Jak již bylo zmíněno na začátku, v procesu elektrostatického zvlákňování, je využito vysokého napětí k tvorbě elektricky nabitého proudu polymerního roztoku nebo taveniny. Elektroda vysokého napětí je přímo spojena s polymerním roztokem. Vysoké elektrické napětí mezi špičkou kapiláry a uzemněným kolektorem umožní vznik kuželovitého tvaru známý jako Taylorův kužel na špičce kapiláry. Působením elektrostatického pole dochází k vytažení vlákenného útvaru směrem k opačné elektrodě a následnému rozštěpení na jemná vlákna. Jejich měrný povrch je natolik velký, že ještě před dopadem na opačnou elektrodu jsou vlákna vysušena.[18]

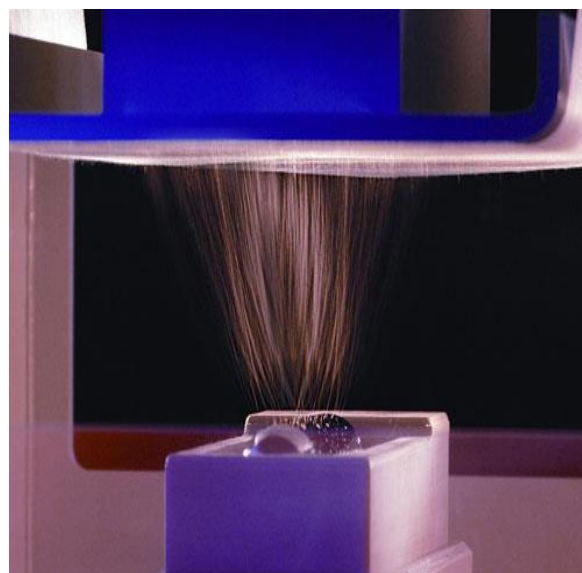
Na principu zvlákňování v elektrostatickém poli byla vyvinuta nová technologie – Nanospider. V této diplomové práci byla použita právě nanovláknenná membrána vyrobená technologií Nanospider proto bude podrobněji popsána v následující kapitole.



Obrázek 6 - Schéma principu elektrostatického zvlákňování[18]

## 4.2. Technologie Nanospider™

Technologie Nanospider byla vyvinuta v roce 2003 na Technické univerzitě v Liberci na Katedře netkaných textilií. Dalším vývojem a výzkum se zabývá firma Elmarco s. r. o., která je držitelem licence na výrobu zařízení Nanospider™ v průmyslovém měřítku.[18] Tento způsob přípravy nanovláken je založen na principu Taylorových kuželů. Na Katedře netkaných



Obrázek 7- Technologie Nanospider[21]

textilií Technické univerzity v Liberci zjistili, že Taylorovy kužely je možné vytvořit i na

tenké vrstvě polymerního roztoku. K formování vláken není zapotřebí žádné trysky ani kapiláry. Metoda je určena pro zpracování vodorozpustných systémů a to z důvodu časté toxicity rozpouštědel, ale lze jej použít i u jiných polymerů, které nejsou rozpustné ve vodě. Vláknina jsou formována elektrostatickým polem z tenké vrstvy polymerního roztoku a jsou sebrána na kolektoru ve formě netkané textilie. Průměr vláken se pohybuje v rozsahu 100 – 300 nm.[18]



Technologie Nanospider<sup>TM</sup> využívá dvou elektrod, mezi nimiž působí silné elektrostatické pole. Jedna z elektrod má tvar válce a je částečně ponořena do roztoku polymeru. Otáčivým pohybem kolem své osy vynáší tenkou vrstvu polymeru na horní stranu, kde působí maximální intenzita elektrostatické síly. Elektrostatické síly působící v horní polovině elektrody způsobují ulpívání tenkých vláken na podkladovou vrstvu, která je v blízkosti druhé elektrody. Díky působení maximální intenzity elektrostatické síly se vytváří mnohočetná ohniska Taylorových kuželů, z jejichž vrcholů dochází k tvorbě vlákna. Počet vyrobených vláken na jednom zařízení je udáván vzdáleností Taylorových kuželů. Tato vzdálenost je udávána přirozenou cestou tzv. samo-přízpůsobením Taylorových kuželů. Čím vyšší je počet Taylorových kuželů, tím vyšší je produktivita výrobního zařízení i homogenita nanášené vrstvy. Morfologie nanovláknenné vrstvy je konzistentnější.[19,20]

## 5 Měření komfortních vlastností

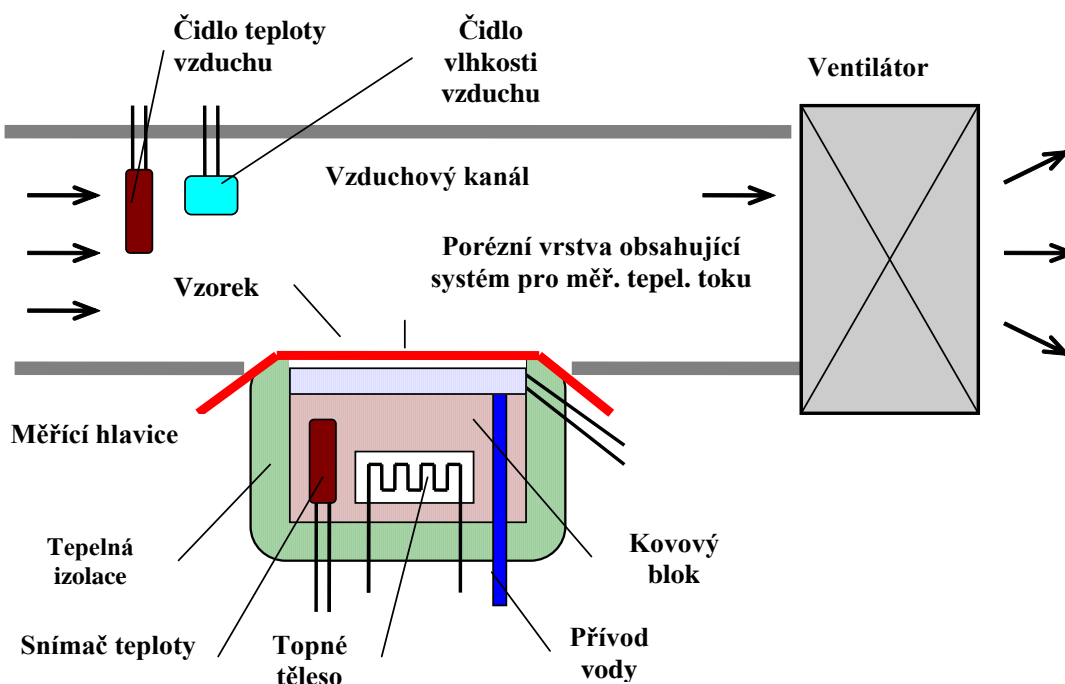
### 5.1. Propustnost vodních par

Propustnost pro vodní páry podle R.A.Delljové[22] je *schopnost textilního materiálu propouštět vodu ve formě vodní páry skrz materiál*. Tento parametr je možno měřit několika způsoby. Gravimetrická metoda je zastaralá, zdlouhavá se nepřesná, ale stále se používá. Parametr je měřen v jednotkách  $\text{g/m}^2/24\text{hod}$ . Novější verzí tohoto měření je pomocí přístroje Permetest, který udává výparný odpor Ret v jednotkách  $\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ . V této diplomové práci bude použita právě metoda měření pomocí přístroje Permetest.

Přístroj Permetest je schopen měřit tepelný odpor, výparný odpor a relativní propustnost pro vodní páry. Tento přístroj je tzv. Skin model malých rozměrů, na kterém lze měřit za jakýkoliv klimatických podmínek, protože samotné měření probíhá pod hlavicí, kde jsou ustálené podmínky. Měřicí hlavice je pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržována na teplotě okolního vzduchu. Teplota se pohybuje mezi 20 – 23°C. Při samotném měření je vlhkost v porézní vrstvě přeměněna v páru, která poté přechází přes separační folii daným vzorkem. Výparný tepelný tok měřený speciálním snímačem je přímo úměrný paropropustnosti měřeného vzorku nebo nepřímě úměrný jeho výparnému odporu. Tepelný tok je na přístroji měřen nejprve bez

vzorku a poté se vzorkem. Zaznamenává odpovídající tepelné toky  $q_o$  a  $q_v$ . Měření tepelného odporu měřeného vzorku je prováděno suchou měřicí hlavicí, která se udržuje na teplotě 10 – 20°C vyšší než je teplota okolního vzduchu. Tepelný tok, který je do okolního vzduchu odváděn konvekci<sup>1</sup> se znovu zaznamenává. Měření na tomto přístroji je jednoduché a rychlé. [3]

#### Popis přístroje



Obrázek 8 – Přístroj Permetest[3]

#### Stanovení relativní propustnosti vodní páry

Přístroj měří relativní propustnost textilií pro vodní páry  $p$  [%], kde 100% propustnosti představuje tepelný tok  $q_o$  vyvozený odporem z volné vodní hladiny o stejném průměru, jaký má měřený vzorek. Zakrytím hladiny měřeným vzorkem se tepelný tok sníží na  $q_v$ . [3]

Platí tedy:

$$p = 100 \left( \frac{q_v}{q_o} \right) [\%]$$

<sup>1</sup> Konvekce – teplo je transformováno částicemi tekutin, které se pohybují s určitou rychlostí, jedná se tedy o tzv. přenos tepla prouděním

Stanovení výparného odporu [3]:

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v^{-1} - q_0^{-1})$$

Stanovení tepelného odporu

Měření probíhá v suchém prostředí stejným způsobem. Tepelný tok  $R_{ct}$  je odpor proti prostupu tepla vzorkem při definované teplotě  $t_m$  jeho jedné strany a při přenosu tepla konvekcí z jeho vnější strany do vzduchu o teplotě  $t_a$ , přičemž tepelný odpor vnější vrstvy se odčítá.[3]

$$R_{ct} = (t_m - t_a) (q_v^{-1} - q_0^{-1})$$

**$q_0$**  plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavicí nezakrytou měřeným vzorkem [ $W/m^2$ ]

**$q_v$**  plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavicí zakrytou měřeným vzorkem [ $W/m^2$ ]

**$P_m$**  nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavyce [Pa]

**$P_a$**  parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa]

**$p$**  relativní propustnost pro vodní páry [%]

**$R_{ct}$**  tepelný odpor zkoušeného vzorku [ $m^2.K/W$ ]

**$R_{et}$**  výparný odpor zkoušeného vzorku [ $m^2.Pa/W$ ]  
relativní vlhkost vzduchu [%]

**$t_m$**  teplota povrchu měřicí hlavyce [ $^{\circ}C$ ]

**$t_a$**  teplota vzduchu proudícího kanálem podél měřicí hlavyce [ $^{\circ}C$ ]

Klasifikace propustnosti textilií pro vodní páry v obou jednotkách dle stávajících norem ISO [3]:

Ret	< 6 – velmi dobrá	(nad 20 000g/m <sup>2</sup> *24h)
Ret	6 – 13 – dobrá	(9 000-20 000g/m <sup>2</sup> *24h)
Ret	13 – 20 – uspokojivá	(5 000-9 000g/m <sup>2</sup> *24h)
Ret	> 20 - neuspokojivá	(pod 5 000g/m <sup>2</sup> *24h)

## 5.2. Termofyzikální parametry a tepelně-izolační vlastnosti

Termofyzikální parametry textilií a stacionárně tepelně – izolační vlastnosti, kam patří tepelný odpor, tepelná vodivost, tak dynamické vlastnosti, sem spadá tepelná jímavost a tepelný tok lze měřit na přístroji Alambeta. Tento přístroj je poloautomatický počítačem řízený, který je schopen měřené hodnoty zaznamenávat a statisticky vyhodnocovat. Při měření je využito impulsní okrajové podmínky, je dána konstantní teplotou kontaktní měřicí plochy 35°C, která odpovídá konstantní teplotě lidské pokožky, přístroj tedy simuluje kontakt pokožky s textilií. [3]

**Na přístroji lze měřit tyto parametry:**

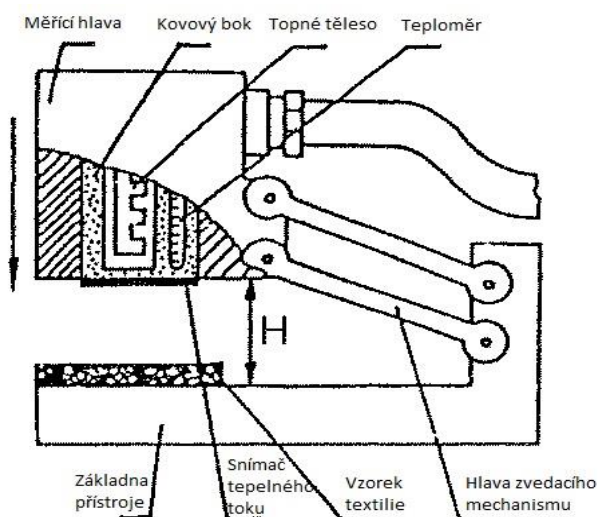
Tloušťka materiálu  $h$  [mm]

Měrná tepelná vodivost  $\lambda$  [W\*m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>]: Součinitel měrné tepelné vodivosti  $\lambda$  představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K. S rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá, hodnota udávaná přístrojem Alambeta se musí dělit 10<sup>3</sup>. [3]

Plošný odpor vedení tepla  $r$  [W<sup>-1</sup>K\*m<sup>2</sup>]: čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor, hodnotu udávanou přístrojem Alambeta je nutno dělit 10<sup>3</sup>. [3]

Tepelná jímavost  $b$  [W\*m<sup>-2</sup>s<sup>1/2</sup>K<sup>-1</sup>]: tento parametr charakterizuje tepelný omak a představuje množství tepla v jednotkovém objemu. [3]

Popis přístroje



Obrázek 9 - popis přístroje Alambeta[3]

### 5.3. Propustnost vzduchu

Propustnost vzduchu neboli prodyšnost materiálu byla dříve charakterizována podle R.A.Delljove[22] *jako koeficient, který udává, kolik množství vzduchu projde danou plochou materiálu za daný čas při určitém tlakovém spádu mezi oběma stranami materiálu*. Dnes je podle normy ČSN EN ISO 9237 charakterizována rychlostí proudu vzduchu, které projde kolmo skrz danou textilií v určité ploše, za určitý čas v určitém tlakovém spádu. Propustnost materiálu se měří na elektronickém přístroji FX 3300 od švýcarské firmy TEXTEST AG. Přístroj pracuje na principu rozdílnosti tlaku mezi oběma povrchy měřené textilie a vyvolaného průtoku vzduchu. Vzorek je měřen na ploše  $20\text{cm}^2$  a výchozí jednotka je  $1/\text{m}^2/\text{s}$ . Propustnost materiálů ovlivňuje velká řada vlastností. V první řadě je to samotná struktura měřeného vzorku. Dále je propustnost pro vzduch závislá na tloušťce, hustotě, objemové hmotnosti, počtu vrstev materiálu, vlhkosti. Prodyšnost ovlivňují i okolní vlivy tedy rychlost větru, rozdílnost teplot vně i zvenčí materiálu.[3]

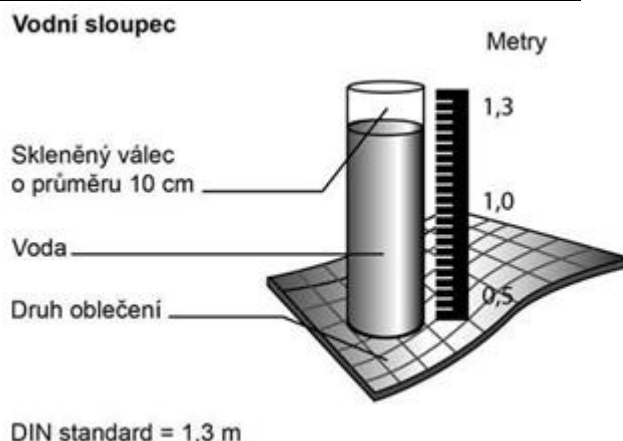
### 5.4. Tloušťka

Tloušťka vzorků bude měřena pomocí Digitálního tloušťkoměru SDL MO34A na Katedře oděvnictví. Tloušťka textilie je stanovena jako měření kolmé vzdálenosti mezi základní deskou, na které je umístěn vzorek a paralelním kruhovým přitlačným kotoučem, který vyvíjí specifický přitlak na měřenou plochu vzorku. Přístroj působí přitlačnou hlavici o velikosti 20 a  $100\text{ cm}^2$  a silou 0,1 – 200 N. Průběh měření i zpracování výsledků se provádí pomocí softwaru. Měření bude probíhat podle normy ČSN EN ISO 5084 (80 0844 ): Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků.

### 5.5. Hydrostatická odolnost

Hydrostatická odolnost sportovních oděvů se v posledních letech stala důležitým parametrem jejich kvality. Profesor Hes[3] charakterizuje tuto vlastnost, jako *odolnost textilie proti tlaku vody působící na povrch textilie z vnější strany oděvu*. Podle normy ČSN EN 20 811 Stanovení odolnosti proti pronikání vody je měření hydrostatické odolnosti založeno na postupně se zvyšujícím tlaku destilované vody, jež je úměrný výšce vodního sloupce, která je vyvedena pod měřenou textilií o ploše  $1\text{ dm}^2$ . Vodní

sloupec je pomocný pojem, který udává schopnost materiálu odolávat hydrostatickému tlaku. Měření je ukončeno tehdy, pokud se na povrchu měřené textilie objeví první tři kapky vody. Na Katedře hodnocení jakosti je měřena hydrostatická odolnost na přístroji Hydrostatic Head Tester. [3]



Nepromokavé materiály lze považovat ty materiály, které mají výšku vodního

Obrázek 10 - Měření vodního sloupce[23]

sloupce od 1300 mm. [1] Materiály s takovým to vodním sloupem odolávají dešťovým kapkám. S náročností podmínek stoupá i výška vodního sloupce. Outdoorové oblečení si vyžaduje 100 % nepromokavost proto, čím vyšší je hodnota vodního sloupce tím je to lepší. Materiál je schopen odolávat většímu množství tlaku působící na oděv.

## 5.6. Měření vzlinavosti

Pro zlepšení komfortních vlastností sportovních oblečení je důležité znát vlastnosti kapalin a jejich šíření v materiálu. Zejména pro sportovní oděvy je chování kapaliny v oděvu důležitou součástí. K měření dynamických vlastností kapalin byl vyvinut přístroj MMT Moisture Management Tester. Je schopen měřit rychlost a množství šíření kapaliny skrz měřený materiál. Přístroj se skládá z horních a dolních



Obrázek 11 – přístroj MMT[24]

senzorů vlhkosti. Vzorek je upevněn pod tlakem mezi senzory. Testovací roztok je nanesen na horní stranu testovacího vzorku. Testuje se prostup kapaliny skrz vzorek a rychlost šíření. Přístroj je k dispozici na Katedře hodnocení jakosti. [24]

## PRAKTICKÁ ČÁST

### 6. Firma Sintex

Firma Sintex vznikla v roce 1992 a svoji marketingovou strategii postavila na výrobě zátažných úpletů a konfekce. Jejich cílem je stále inovovat svůj výrobní sortiment. Sortiment vyrábí z klasických i speciálních funkčních vláken a přízí. Je certifikovaným partnerem firmy ADVANSA pro jejich fyziologické značkové materiály. V roce 2004 inovovali svůj sortiment a počali výrobu pletených technických textilií, které slouží jako bytový textil, nehořlavé textilie a textilie pro speciální ochranné a fyziologické oděvy. Oděvní oblast obohatili o specializaci na elastické úplety, jemno vláknenné syntetické a fyziologické úplety. V roce 2009 rozšířili své produktové portfolio o tkaniny, osnovní pleteniny, ale také o filtry, příze a poloprodukty. Firma má i své zkušební laboratoř zkušebních materiálů, kde testují svoje materiály (hodnocení od chemických, mechanických, fyzických, barevných i elektrostatických vlastností). Jejich cílem je nadále si udržet svojí kvalitu, ekologickou nezávaznost a stále tvořit nové módní dezény, které upoutají stávající i nové zákazníky.[25]

#### 6.1. Popis měřených vzorků

##### 6.1.1 Polyamid (PA 6)

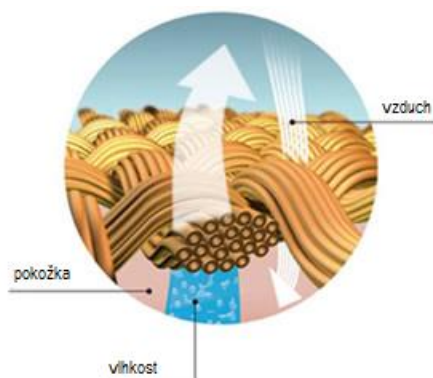
„Polyamidy jsou lineární polymery charakterizované hlavním polymerním řetězcem, v němž se pravidelně střídají skupiny -CO-NH- s větším počtem skupin methylenových, tedy -CH<sub>2</sub>-.“ [26]

Polykaprolaktam je významný zástupce polyamidů označovaný jako polyamid 6, v anglické literatuře jako nylon 6, u nás ho najdeme pod obchodním názvem Silon. Vzniká polymerací 6-kaprolaktamu, cyklické sloučeniny s šesti atomy uhlíku v molekule.

Polyamid se vyrábí pomocí zvlákňování z taveniny protlačováním tryskami a následným dloužením a praním. Vláknna jsou odolná v oděru, jsou pevná, dobře se barví. Jejich nevýhodou je snížená odolnost vůči povětrnostnímu stárnutí a ve srovnání s polyesterovými vlákny mají vyšší navlhavost.[26]

### 6.1.2 Termolite®

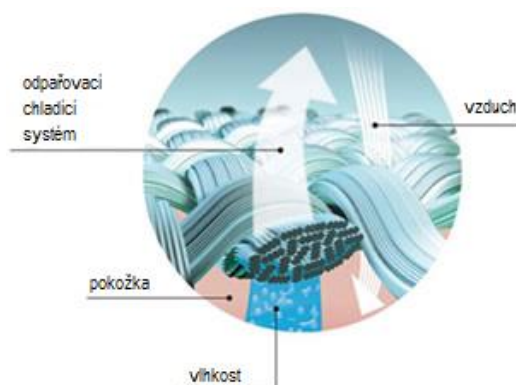
Duté vlákno vyvinuté firmou DuPoint je specifické svými vlastnostmi. Firma se inspirovala srstí medvěda, kde se vzduch obsažený v mikrostruktuře dutých vláken ohřeje tělesnou teplotou a ta zahřívá naše tělo. Vlákná tedy mají termoizolační vlastnosti, které udržují naše tělo v teple. [27]



Obrázek 12 – funkce vláken Termolite[27]

### 6.1.3 Coolmax®

Vlákno Coolmax® je vyvinuto firmou DuPoint a je vyrobeno ze 100 % polyesteru. Je vyráběno a distribuováno společností Advansa. Tyto vlákna mají specifický vícelaločnatý příčný profil s větší plochou povrchu, díky tomu je vlhkost od pokožky odváděna rychleji do dalších vrstev a rychlost odpařování vlhkosti je tak větší. Materiály vyrobené z coolmaxových vláken jsou schopny nepohlcovat pachy a snadno se udržují. Dále snižují teplotu pokožky a tepovou frekvenci, tím udržují svaly v optimální teplotě a tak dokáže posílit výkon a oddálit únavu.[28]



Obrázek 13- funkce vláken Coolmax[28]

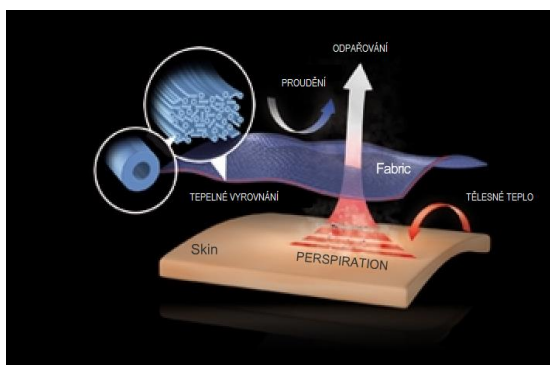


#### 6.1.4 Coolmax® Fresh

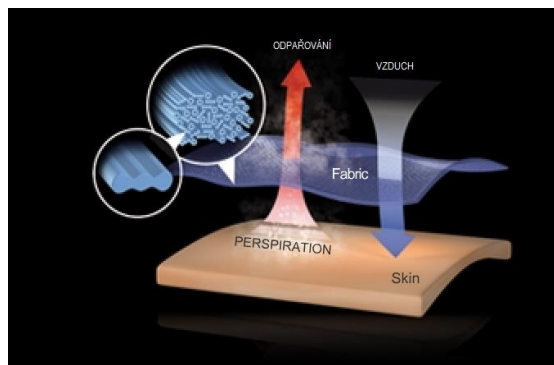
Pod tímto názvem se skrývá upravené coolmaxové vlákno. Do vlákna Coolmax jsou přidány ionty stříbra. Stříbro obsažené v tomto vlákne eliminuje množení a rozklad bakterií, které vznikají při pocení a způsobují tak nepříjemný zápach.[29]

#### 6.1.5 Termocool™

Vlákno s obchodním názvem Termocool je kombinace vlákna Thermolite s dutým jádrem spolu s vláknem Coolmax s drážkovým povrchem. Podrobně o těchto vláknech viz výše. Tato kombinace vláken umožňuje spojení dvou odlišných vlastností jednotlivých vláken a poskytuje tak mimořádné výhody při tělesné termoregulační schopnosti. Patří sem vysoká aktivita, která způsobuje ochlazování uživatele (viz obr.) nebo nízká aktivita, která slouží k vyrovnání teploty dle potřeby uživatele (viz obr.). Odpařování vlhkosti je rychlejší než u ostatních vláken díky vláknem s drážkovým povrchem. Duté vlákno zde zvyšuje cirkulaci vzduchu a energii soustředí na proces odpařování.[30]



Obrázek 14 – vyrovnání teploty[30]



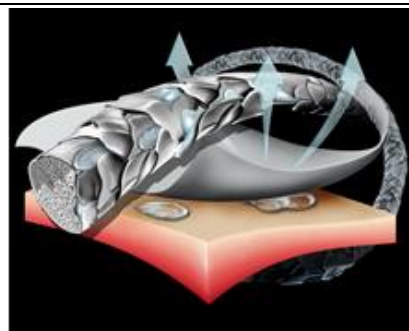
Obrázek 15 – chlazení odpařováním[30]

#### 6.1.6 Termocool Fresh

Toto vlákno je opět obohaceno ionty stříbra, které udržují aktivní antimikrobiální složku. Působením této složky dochází k narušení buněčné funkce mikroorganismů a zabraňuje tak, růstu bakterií v tkanině a následnému zápachu.[31]

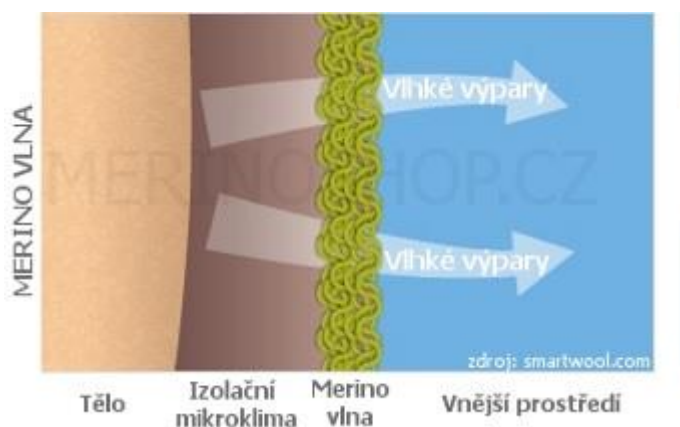
### 6.1.7 Vlna merino

Vlna získaná ze speciálně vyšlechtěných ovcí žijících v chladných oblastech. Tato vlna je specifická v utváření větších množství vzduchových kapes, které udržují vzduch ohřátý od samotného uživatele a dokáže velmi dobře zahřát i ve velmi malé hmotnosti. Tvoří tedy velmi dobrou izolační vrstvu. Je schopna pojmout vlhkost o velikosti



Obrázek 11 – funkce vlákna Merino vlny[31]

třetiny své vlastní váhy a přitom stále hřeje. V porovnání s běžně používanou vlnou je tato vlna lehčí, jemnější. Vlastnosti jsou srovnatelné s běžně používanou vlnou jako je rychlá absorpce vlhkosti, prodyšnost, nízká mačkavost a schopnost hřát i v mokrému stavu. Díky svému keratinovému základu neabsorbují tělesné pachy. Merino vlna v porovnání se syntetickými vlákny dokáže rychleji reagovat na pocení již v parním skupenství. Úplety ze syntetických materiálů musí čekat, až se parní skupenství vysráží a přemění na pot. V současné době se stále častěji řeší likvidace textilního odpadu. V tomto ohledu je použití přírodních vláken zcela na místě. Vlna se řadí mezi přírodní obnovitelné ekologické materiály, které jsou biodegradabilní, tedy zcela ekologicky rozložitelná a nezatěžují tak naše životní prostředí. [31]



Obrázek 16 – funkce úpletu z Merino vlny[32]

### 6.1.8 Lycra

Lycra je obchodní název pro elastické syntetické vlákno. Jedná se o segmentovaný polyuretan, který se skládá z měkkých nebo pružných segmentů spojených s pevnými segmenty. Patří k elastickým syntetickým vláknům, která jsou

schopny protažením až ztrojnásobit svoji délku a po uvolnění se vrátit zpět do původního stavu. Bylo vyvinuto americkou firmou DuPont v roce 1959. Dnes však vlastní obchodní známku firmy INVISTA. Elastická vlákna se nejčastěji používají v kombinaci s jinými materiály. Materiály obsahující elastická vlákna jsou pružnější a lépe přiléhá k tělu, nemačkají se. Sportovní oděvy i pro outdoorové sporty jsou vyráběny z materiálů, které také obsahují elastická vlákna. Díky těmto vláknům je materiál přiléhavý a neomezuje uživatele při sportovní aktivitě v pohybu. [33]

## 6.2. Materiálové složení měřených vzorků

Pro experimentální část byla získána skupina 28 vzorků. Vzorky byly poskytnuty od české firmy Sintex sídlící v České Třebové. Společnost se zabývá výrobou zejména funkčních úpletů, ale také tkanin, nehořlavých materiálů aj. (více o této firmě viz kap. 6.). Jedná se o funkční úplety, které byly v různém složení polyamidových vláken, speciální polyesterová vlákna a polypropylenová vlákna, Merino vlna a Lycra. Podrobné složení jednotlivých funkčních úpletů jsou zobrazeny v tabulce 1. Ve sloupci číslo úpletu je uvedeno označení daného úpletu od výrobce. Ve sloupci druh je údaj o vazbě úpletu. Vzorky 1 – 11 jsou vzorky double face – je zátažná krytá pletenina z rubní strany hřejivý nebo sací materiál, 12, 13, 19 vzorky single Jersey, 14 – 16 jsou vzorky s žebrovou vazbou, vzorek 17 je s interlokovou vazbou, vzorky 18, 20 – 22, 24 – 28 jsou s jednolící vazbou, vzorek 23 je ve vazbě jednolící froté. Ve sloupci materiálové složení je popsáno materiálové složení jednotlivých vzorků. Plošná hmotnost každého vzorku je zobrazena ve sloupci plošné hmotnosti, je udávána v  $\text{g/m}^2 \pm 7\%$ . Obrázky úpletů jsou zobrazeny v příloze 1.

Tabulka 1- materiálové složení zkoumaných vzorků udávané výrobcem

	Číslo úpletu	Druh	Materiálové složení	Plošná hmotnost
1	DMC470	Double Face	56%Merino wool/38%POPh/6%PAD	196 $\text{g/m}^2 \pm 7\%$
2	DOC 822	Double Face	100%PESh	171 $\text{g/qm} \pm 7\%$
3	DOC 841	Double Face	100%PESh Coolmax Fresh	148 $\text{g/m}^2 \pm 7\%$
4	DOC 848	Double Face	92%PESh/8%PADh	128 $\text{g/qm} \pm 7\%$
5	DOC 859	Double Face	94%PESh Thermcool/6%Lycra	215 $\text{g/qm} \pm 7\%$
6	DOC 904	Double Face	54%PESh Coolmax/46%PESh Coolmax Fresh	141 $\text{g/qm} \pm 7\%$

7	DTC 213	Double Face	94%PES Termolite/6%elastic	205 g/m <sup>2</sup> ± 7%
8	DTC 218	Double Face	52%PES Termolite/42%PES Coolmax/6%elastic	207 g/m <sup>2</sup> ± 7%
9	DTC 219	Double Face	66%PESs Termolite/28%Merino vlna/6%Lycra	231 g/qm ± 7%
10	DTC 228	Double Face	52%PES Termolite/42%PESh/6%elastic	207 g/m <sup>2</sup> ± 7%
11	DTC 229	Double Face	52%PES Termolite/42%PES Coolmax/6%Lycra	211 g/qm ± 7%
12	EC 1060	Single Jersey	94%PESh Thermcool Fresh/6%elastic	172 g/m <sup>2</sup> ± 7%
13	EMC 1037	Single Jersey	91%PESh Thermocool/9%elastic	154 g/m <sup>2</sup> ± 7%
14	FSC 205	žebro	94%PES Coolmax/6%Lycra	196 g/qm ± 7%
15	FSC 243	žebro	94%PES Coolmax/6%Lycra	192 g/qm ± 7%
16	FSC 2209	žebro	94%PES Coolmax/6%Lycra	206 g/qm ± 7%
17	IMW 300	interlock	100%Merino wool	161 g/qm ± 7%
18	JC 342	jednolící	50%PESh Coolmax Fresh/50%PESh Coolmax	165 g/qm ± 7%
19	JC 347	Single Jersey	50%Merino wool/50%Thermocool Fresh	151 g/m <sup>2</sup> ± 7%
20	JC 1037	Jednolící	92%PESh Thermocool/8%Lycra	158 g/qm ± 7%
21	JC 1060	jednolící	94%PESh Thermcool Fresh/6%Lycra	176 g/qm ± 7%
22	JC 1061	jednolící	90%PESh Coolmax Fresh/10%Lycra	129 g/qm ± 7%
23	JFC 337	jednolící froté	52%PESh/48%PESh Coolmax Fresh	208 g/qm ± 7%
24	JK 328	jednolící	89%Merino wool/11%PADh	175 g/qm ± 7%
25	JV 123	jednolící	63%PES Coolmax Fresh/33%PESh/4%Lycra	105 g/qm ± 7%
26	JV 135	jednolící	53%PES Coolmax/43%PESh Coolmax Fresh/6%Lycra	136 g/qm ± 7%
27	JV 165	jednolící	77%PESh Thermocool/18%PESh/5%Lycra	112 g/qm ± 7%
28	JW 302	jednolící	100%Merino wool	144 g/qm ± 7%

### 6.3. Měření komfortních vlastností

Pro experimentální měření bylo získáno 28 vzorků funkčních úpletů o rozměru 30 x 30 cm od firmy Sintex sídlící v České Třebové, která se zabývá výrobou zátažných úpletů a konfekce.

#### 6.3.1. Zjišťování propustnosti pro vodní páry

Propustnost pro vodní páry bylo měřeno na přístroji Permetest, který je k dispozici na Katedře hodnocení textilií. Podrobný popis přístroje je popsán v kapitole 5.2.

*Klimatické podmínky v laboratoři:*

Teplota vzduchu: 22-23 °C

Vlhkost vzduchu: 33-36 %

***Popis měření***

Po spuštění přístroje do chodu se nejprve provede měření bez vzorku, poté se zkušebním vzorkem. Následně se přístroj kalibruje a je připraven k měření. Každé měření se nejprve provádí bez vzorku a poté se vzorkem. Vyrovnaný vzorek se upne do uzavřené měřicí hlavice, kde probíhá samotné měření. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny v programu v počítači.

**6.3.2. Zjišťování tepelný odpor a tepelné jímavosti**

Měření probíhalo také v laboratoři na Katedře hodnocení textilií. Proměřováno bylo 28 vzorků na přístroji Alambeta, který je podrobně popsán v kapitole 5.3. Tento přístroj byl zvolen, protože je snadno dostupný na Katedře hodnocení textilií. Na každém vzorku bylo provedeno 5 měření na různých místech v celé ploše vzorku. Vzorek byl proměřován z rubní strany materiálu a to z toho důvodu, že tepelně komfortní děje probíhají mezi pokožkou a první vrstvou oděvu, který je přímo v kontaktu s pokožkou. Měření probíhalo v jeden den a to z toho důvodu, aby data byla co nejpřesnější.

*Klimatické podmínky v laboratoři:*

Teplota vzduchu: 21,3-22,2 °C

Vlhkost vzduchu: 31-35 %

***Postup měření:***

Měření na přístroji Alambeta bylo prováděno dle normy IN 23-304-02/01. Samotný experiment začíná zapnutím přístroje do chodu a následné vyčkání než se měřicí hlavice vyhřeje na teplotu 32 °C a na displeji přístroje se objeví zkratka rdL. Nyní se vyrovnaný vzorek umístil na podložku přístroje rubem nahoru. Po stisknutí tlačítka s názvem ST se měřicí hlavice spustila dolů a započal se proces měření. Přítlačná hlavice měří s přtlakem 250 Pa. Po skončení měření se hlavice vrátí zpět do původní polohy a na displeji přístroje se objeví naměřené hodnoty. Lze je ukládat do

---

Tvorba dvou-vrstvého laminátu s funkční pleteninou

systému v přístroji, který je schopen následně naměřené hodnoty statisticky vyhodnotit. V tomto případě byly hodnoty zapisovány do předem připravené tabulky. Listovat v naměřených hodnotách lze pomocí tlačítka RL. Přístroj je velmi choulostivý na tenké textilie a proto se občas při měření mohou na displeji objevit písmenka E a F, které značí chybu měření nebo chybu na přístroji. Zkoušené textilie byly takto proměřovány v celé ploše vzorku.[3]

Po vyhodnocení výsledků, budou z 28 vzorků, vybrány 3 nejvhodnější vzorky, které budou následně znovu proměřovány jako dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou společně s membránou laminovanou na tkanině. Na vytvořeném laminátu byly proměřovány stejné vlastnosti jako na úpletech. Vzorky byly na jednotlivých přístrojích proměřovány 10x. Přidáno bylo měření vodního sloupce.

### **6.3.3. Zjišťování prodyšnosti**

Měření prodyšnosti probíhalo v laboratoři na Katedře hodnocení textilií na Technické univerzitě v Liberci. Experiment byl prováděn na 28 vzorcích na přístroji FX 3300.

*Klimatické podmínky v laboratoři:*

Teplota vzduchu: 21,2-21,8 °C

Vlhkost vzduchu: 34-36 %

### ***Postup měření***

Jednotlivé vzorky byly přiloženy pod přítlačnou hlavici, ta se následně přiložila ke vzorku a započalo se samotné měření. Měřena je rychlost průchodu vzduchu za určitý čas a určitém tlakovém spádu měřenou textilií o průměru 20 cm<sup>2</sup>. Každý vzorek byl podroben 5 měření při tlakovém spádu 100 Pa. Hodnoty byly postupně zapisovány v jednotkách [l.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>] a následně statisticky vyhodnoceny a vykresleny v grafech.

### **6.3.4. Zjišťování vodního sloupce**

Měření hydrostatické odolnosti probíhalo jako všechny předchozí měření na Katedře hodnocení jakosti. Postup měření byl veden podle normy ISO 811. Byl

proměřován dvouvrstvý laminát s nanovláknennou membránou. Tento laminát byl proměřován 3x na přístroji Hydrostatic Head Tester.

*Klimatické podmínky v laboratoři:*

Teplota vzduchu: 22,3 °C

Vlhkost vzduchu: 49 %

**Postup měření:**

Dvouvrstvý laminát byl proměřován na přístroji Hydrostatic Head Tester. Vzorek byl upnut do přístroje. Po spuštění stroje byl vzorek namáhán v podobě zvyšujícího se tlaku vody. Měření je ukončeno v případě, že se na třech místech objeví kapičky vody nebo se měřený vzorek více poruší v podobě prasknutí. Vzorek byl testován o velikosti 1dm<sup>2</sup>.

Tabulka 2 - Výsledné hodnoty dvou vrstvého laminátu

Počet měření	Vodní sloupec
	[mm]
1	16 275
2	15 069
3	15 983
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>15 776</b>

Vodní sloupec porovnávaného materiálu Windstopper od firmy Gore-tex má hodnotu vodního sloupce 20 000 mm. V porovnání s dvouvrstvým laminátem je vodní sloupec nově vytvořeného materiálu menší než vodní sloupec softshellu. Přes to je hodnota vodního sloupce vysoká a jeho odolnost proti působení tlaku vody bude nyní dostatečná.

### 6.3.5. Zjišťování tloušťky

Měření tloušťky bylo provedeno za pomoci Digitálního tloušťkoměru na Katedře oděvnictví. Bylo proměřováno 28 úpletů. Na každém vzorku bylo provedeno 5 měření. Úplety byly zkoušeny o velikosti přitlačné hlavice 20 cm<sup>2</sup> a s přitlakem

přítlačné hlavice 200 N. Vyhodnocené a naměřené hodnoty tloušťky jsou přiloženy v tabulce v příloze 2.

#### **6.3.6. Zjišťování vzlinavosti**

Měření na přístroji MMT probíhalo v laboratoři na Katedře hodnocení jakosti. Byly proměřovány tři vzorky vybraných funkčních pletenin a tři vzorky podobných materiálů (třívrstvý laminát a dvouvrstvý laminát Gore-tex, třívrstvý laminát Dermizac). Každý vzorek byl proměřován 5x. Při měření dochází k zavlhčení materiálu, aby nedocházelo k nepřesnosti měření, muselo být připraveno pět vzorků od každého materiálu. Měření jednotlivých vzorků se zakresluje do grafu a také do obrázku, z kterého lze poznat, kam se voda rozšířila a lze tak vzorek zařadit do příslušné kategorie. (ukázka v příloze)

*Klimatické podmínky v laboratoři:*

Teplota vzduchu: 22,8 °C

Vlhkost vzduchu: 38 %

#### ***Postup měření:***

Před samotným měřením bylo zapotřebí si předem připravit vzorky. Byly nastříhány do požadované velikosti 8x8 cm. Následně bylo zapotřebí jednotlivé vzorky vyčistit od nečistot (prach apod.) a vysušit. Po vysušení se vzorky nechaly na 24 hodin v klimatizované laboratoři, aby do sebe absorbovaly vlhkost ze vzduchu v místnosti. Takto připravené vzorky se jednotlivě vkládaly do přístroje. Každý vzorek byl položen na měřicí senzory a přitlačen horní částí přístroje také se snímacími senzory. Při započatém měření se nejprve vzorek pumpuje solným roztokem, který simuluje pocení. Pumpování se provádí 20 sekund a samotné měření trvá 120 s. Měřené hodnoty jsou současně zaznamenávány do grafu v počítači připojeném k přístroji. Po skončení měření jsou naměřené hodnoty zobrazeny jak v grafu, tak v tabulce. Dále lze v obrázku vidět, zda se pumpovaná tekutina rozšířila do vzorku či nikoliv. Tekutina je šířena od středu k vnějším okrajům. Tímto způsobem byl proměřen každý vzorek. Při vyhodnocení se bude porovnávat vytvořený dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou s již používajícími membránami od konkurence.



## 7. Vyhodnocení výsledků

### 7.1. Vyhodnocení výsledků měřených úpletů

V této kapitole jsou statisticky vyhodnoceny naměřená data všech měřených komfortních vlastností. Zobrazeny a popsány v grafech s výslednými závěry jednotlivých měření. Výsledkem prvotního proměřování a vyhodnocení dat je výběr třech vhodných úpletů pro další proměřování v podobě dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou. Data byly vyhodnoceny pomocí programů Excel a QC Expert Trial.

#### 7.1.1. Propustnost pro vodní páry úpletů

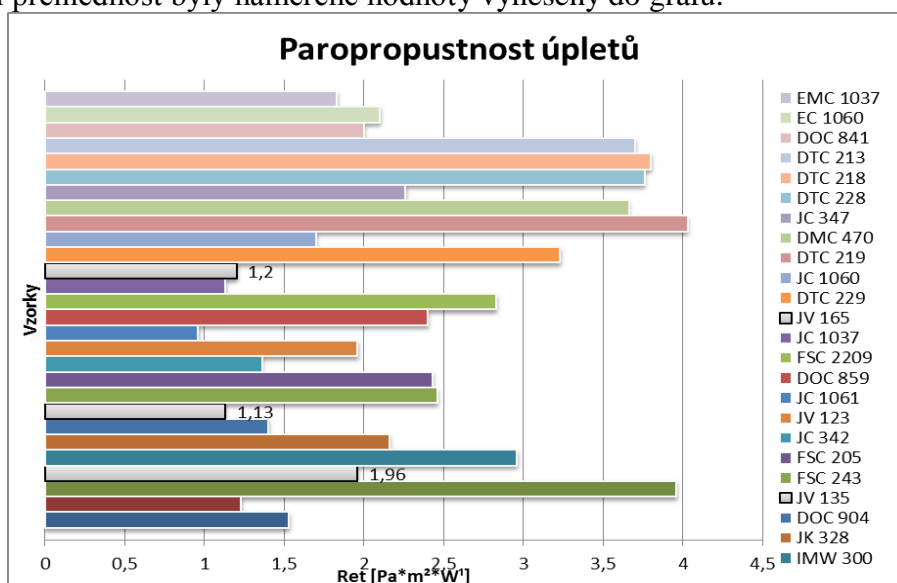
Paropropustnost úpletů byla měřena na přístroji Permetest. Statisticky vyhodnocená data se nachází v tabulce 4. Jednotlivá naměřená data ke každému úpletu jsou zobrazeny v tabulkách v příloze 2. Popisná statistika paropropustnosti úpletů obsahuje průměrné hodnoty, směrodatnou odchylku, horní a dolní intervaly spolehlivosti, medián, minimum a maximum.

Tabulka 3 – popisná statistika pro paropropustnost úpletů [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]

Vzorky	$\bar{x}$	směr. odch.	IS dolní	IS horní	medián	min	max
DOC 822	1,53	0,12	1,25	1,82	1,6	1,4	1,6
DOC 848	1,23	0,12	0,95	1,52	1,3	1,1	1,3
JFC 337	3,96	0,06	3,82	4,11	4	3,9	4
JW 302	1,96	0,12	1,68	2,25	1,9	1,9	2,1
IMW 300	2,96	0,21	2,45	3,48	2,9	2,8	3,2
JK 328	2,16	0,15	1,79	2,55	2,2	2	2,3
DOC 904	1,4	0,1	1,15	1,65	1,4	1,3	1,5
JV 135	1,13	0,12	0,85	1,42	1,2	1	1,2
FSC 243	2,46	0,25	1,84	3,09	2,5	2,2	2,7
FSC 205	2,43	0,15	2,05	2,81	2,4	2,3	2,6
JC 342	1,36	0,12	1,08	1,65	1,3	1,3	1,5
JV 123	1,96	0,15	1,59	2,35	2	1,8	2,1
JC 1061	0,96	0,06	0,82	1,11	1	0,9	1
DOC 859	2,4	0	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
FSC 2209	2,83	0,21	2,32	3,35	2,9	2,6	3
JC 1037	1,13	0,06	0,99	1,28	1,1	1,1	1,2
JV 165	1,2	0,1	0,95	1,45	1,2	1,1	1,3
DTC 229	3,23	0,06	3,09	3,37	3,2	3,2	3,3

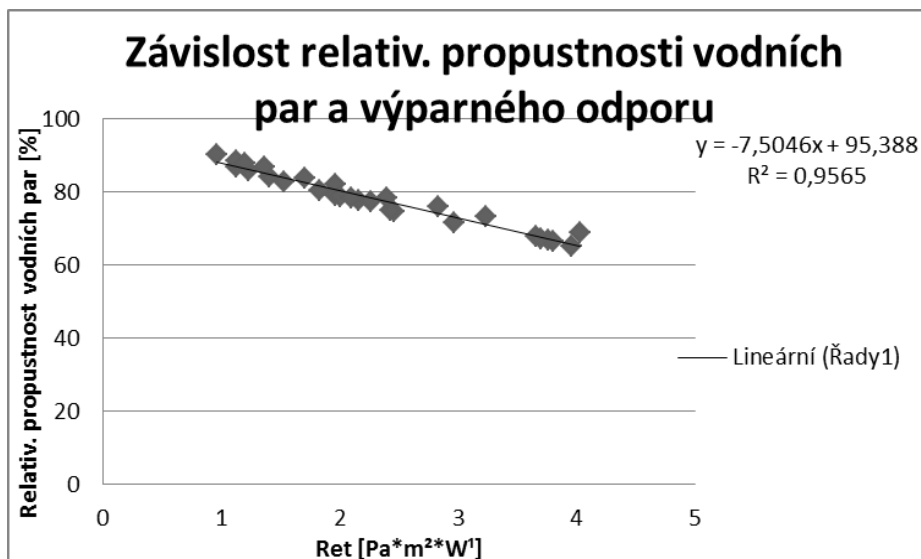
JC 1060	1,7	0,2	1,2	2,19	1,7	1,5	1,9
DTC 219	4,03	0,23	3,46	4,6	3,9	3,9	4,3
DMC 470	3,66	0,15	3,29	4,05	3,7	3,5	3,8
JC 347	2,26	0,15	1,89	2,65	2,3	2,1	2,4
DTC 228	3,76	0,15	3,39	4,15	3,8	3,6	3,9
DTC 218	3,8	0,1	3,55	4,05	3,8	3,7	3,9
DTC 213	3,7	0,2	3,2	4,19	3,7	3,5	3,9
DOC 841	2	0,1	1,75	2,25	2	1,9	2,1
EC 1060	2,1	0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
EMC 1037	1,83	0,23	1,26	2,41	1,7	1,7	2,1

Pro lepší přehlednost byly naměřené hodnoty vyneseny do grafu.



Obrázek 17 - graf naměřených hodnot paropropustnosti jednotlivých úpletů

Při měření propustnosti pro vodní páry materiálů platí, že čím větší je relativní propustnosti pro vodní páry, tím menší by měl být výparný odpor a naopak. Platí tedy, že čím nižší bude naměřená hodnota výparného odporu, tím lépe bude materiál propustný pro vodní páry. Tuto definici lze pozorovat i níže v obrázku 18, který zobrazuje graf závislosti. Úplety s nižší hodnotu relativní propustnosti pro vodní páry mají vyšší hodnotu relativní propustnosti vodních par a naopak. Lze tedy tvrdit, že existuje lineární závislost mezi relativní propustností pro vodní páry a výparného odporu měřených úpletů.

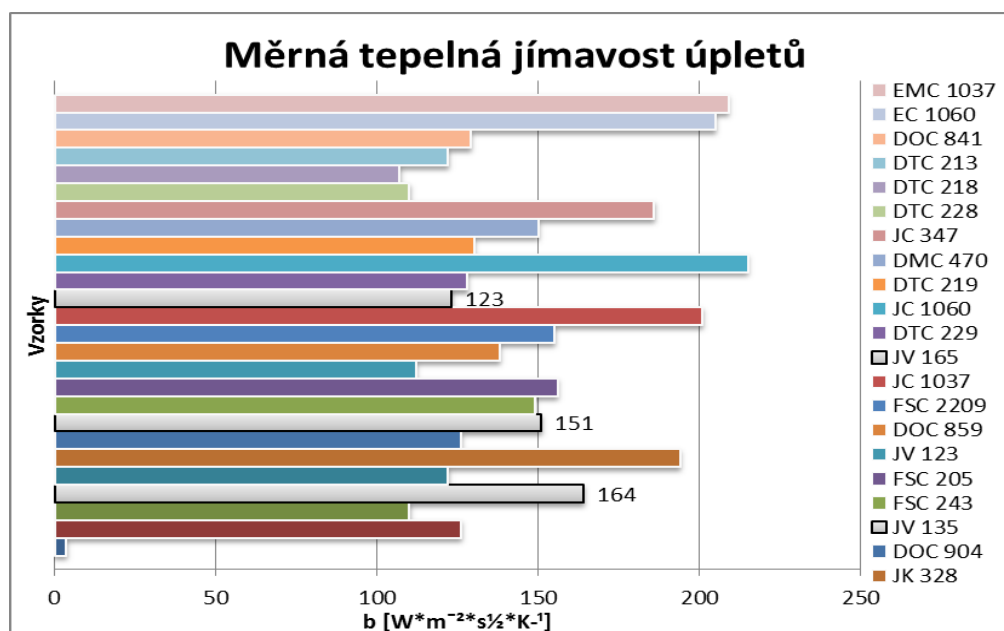


Obrázek 18 – graf závislosti relativní propustnosti vodních par a výparného odporu

Pro outdoorové materiály je hodnota propustnost pro vodní páry velmi významná. Při vysokohorské turistice i při běžném sportování je důležité odvádění vytvořené vlhkosti při zátěži pryč od těla. Z toho důvodu byla paropropustnost stanovena jako nejdůležitější kritérium pro výběr tří vzorků. Vzorky byly vybírány podle nejnižší hodnoty Ret s ohledem na rozdílnost materiálového složení. Byly tedy vybrány nejlepší vzorky s nízkou hodnotou Ret a zároveň vzorky s různým materiálovým složením. Ve výše zobrazeném grafu lze pozorovat naměřené hodnoty paropropustnosti jednotlivých úpletů. Zvýrazněné úplety jsou právě ty, které byly následně vybrány a použity v dalším experimentálním měření v podobě dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou. Naměřené hodnoty všech vzorků se pohybují v rozmezí od Ret 1,13 do 4,03 Pa\*m²\*W<sup>-1</sup>. Vybrané vzorky mají hodnoty Ret 1,13; 1,2; 1,96 Pa\*m²\*W<sup>-1</sup>.

### 7.1.2. Tepelná jímavost a tepelný odpor úpletů

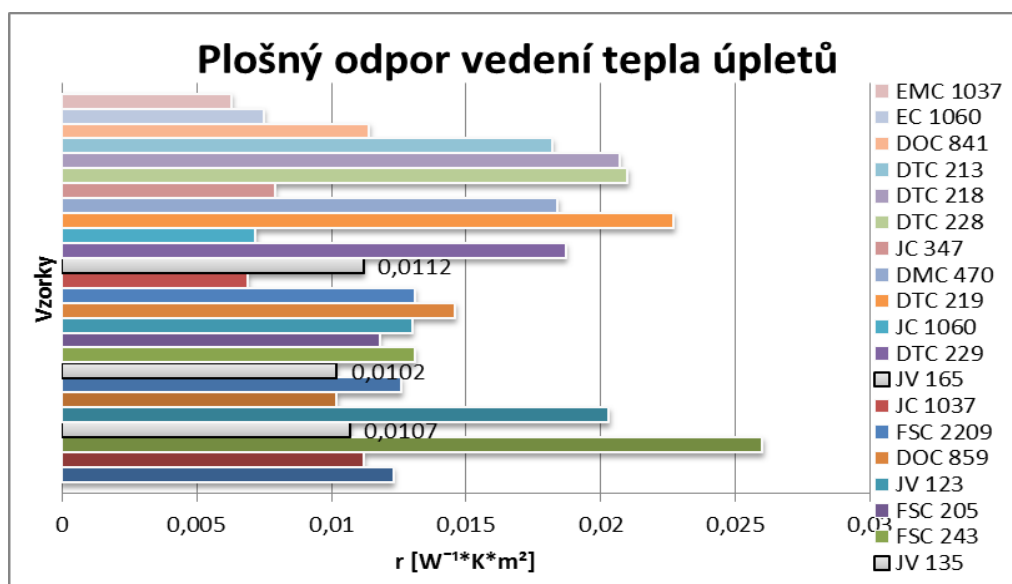
Tepelně izolační vlastnosti byly měřeny na přístroji Alambeta. Statistické vyhodnocení dat je k nahlédnutí v příloze 2. Pro lepší znázornění naměřených hodnot slouží níže uvedené grafy.



Obrázek 19 – graf naměřených hodnot tepelné jímavosti jednotlivých úpletů

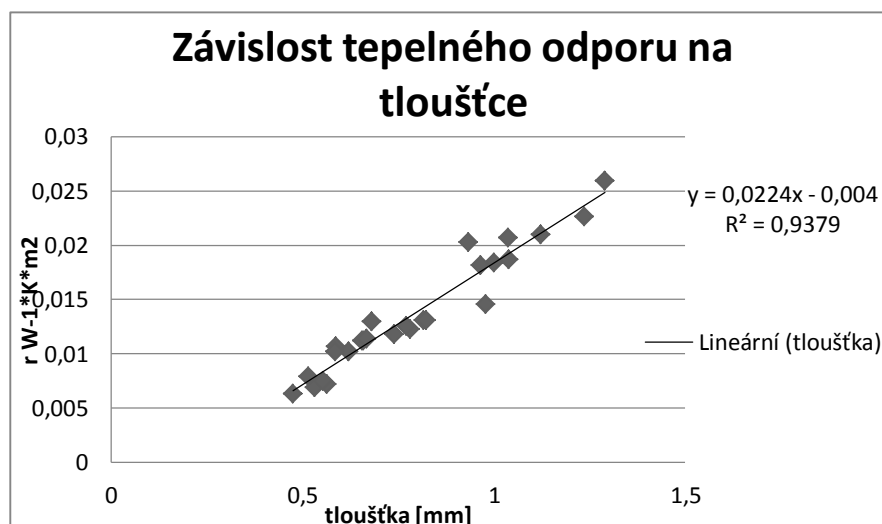
Měrná tepelná jímavost je charakterizována jako tepelný omak. Platí, že čím vyšší je tepelná jímavost, tím menší jsou tepelně izolační vlastnosti. Outdoorové materiály, které se používají v chladnějších podmínkách, vyžadují dobré tepelně izolační vlastnosti. Subjektivním hodnocením lze říci, že materiály s kladnými tepelně izolačními vlastnostmi a tedy s nízkými hodnotami měrné tepelné jímavosti, mají teplý omak. Graf měrné tepelné jímavosti zobrazuje naměřená data jednotlivých úpletů. Rozmezí zjištěné tepelné jímavosti se pohybuje od 107 do 215  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{1/2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Při výběru tří vzorků byla tepelná jímavost také jedním z kritérií, ke kterému bylo přihlíženo. Hlavním kritériem tedy byla paropropustnost a různost materiálového složení. Vzorky vybrané podle hlavního kritéria měly tyto hodnoty tepelné jímavosti 123, 151, 164  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{1/2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Jedná se o vzorky, které mají přibližně podobné hodnoty a nacházejí se kolem středu všech měřených úpletů.

Druhou pozorovanou tepelně izolační vlastností byl plošný odpor vedení tepla. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny v obrázku 19.



Obrázek 20 – graf naměřených hodnot plošného odporu vedení tepla jednotlivých úpletů

Plošný odpor vedení tepla také charakterizuje tepelný omak. Je ovlivněn tloušťkou materiálu a měrnou tepelnou vodivostí. Zjednodušeně udává, jak velký odpor klade měřený materiál proti průchodu tepla. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. Materiály, které mají nízkou tepelnou vodivost a vysoký tepelný odpor lze charakterizovat jako kvalitní tepelný izolant. Závislost tloušťky materiálů na tepelném odporu je zobrazena v obrázku 21. Graf s naměřenými hodnotami vypovídá o lineární závislosti těchto dvou vlastností. Čím větší bude tloušťka materiálu, tím větší bude i tepelný odpor měřeného vzorku. U outodoových materiálů je snaha eliminovat tloušťku i výparný odpor materiálů. Tloušťka materiálu ovlivňuje nejen jeho vlastnosti, ale také pohybovou schopnost uživatele. Tlusté materiály jsou málo přizpůsobivé pohybu, proto je vyžadována minimální tloušťka materiálu ovšem se zachováním požadovaných vlastností daného materiálu.



Obrázek 21 – graf závislosti tepelného odporu na tloušťce

Outdoorové oděvy lze zařadit mezi materiály, které vyžadují kvalitní tepelně izolační vlastnosti. Z toho důvodu byl plošný odpor vedení tepla zařazen mezi přihlížející kritéria výběru tří vzorků. Rozmezí naměřených hodnot úpletů se pohybuje od 0,0063 do 0,0227 W<sup>-1</sup>\*K\*m<sup>2</sup>. Vzorky, které byly vybrány podle hlavních kritérií, nabývají hodnot 0,0102; 0,0107; 0,0112 W<sup>-1</sup>\*K\*m<sup>2</sup>. Vybrané vzorky mají velmi podobné hodnoty přes to že, jsou z rozdílného materiálu. Tloušťka všech měřených vzorků se pohybuje v rozmezí od 0,43 do 1,24 mm. Vybrané vzorky patří mezi ty vzorky, které mají nejnižší hodnoty tloušťky a to 0,58; 0,59; 0,65 mm.

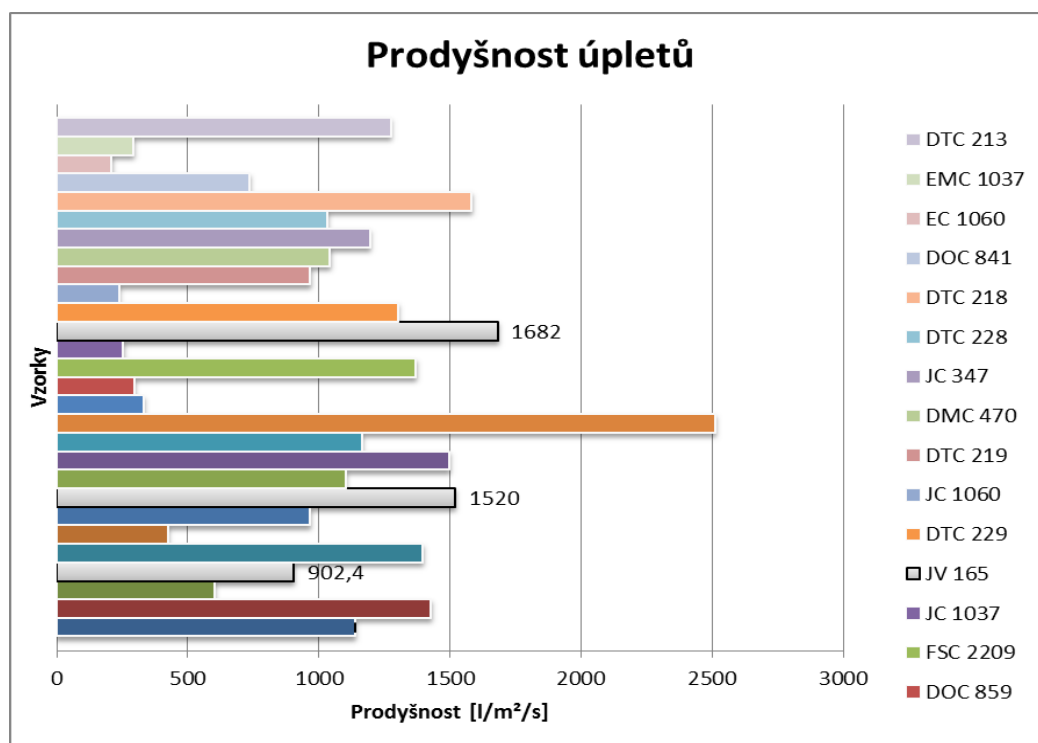
### 7.1.3. Prodyšnost úpletů

Prodyšnost úpletů byla měřena na přístroji FX 3300. Statistické vyhodnocení naměřených hodnot jsou zobrazeny v tabulce 3. Tabulka obsahuje průměrné hodnoty jednotlivých vzorků, směrodatnou odchylku, horní a dolní meze intervalů spolehlivosti, dále pak mediánové hodnoty a maximum a minimum. Všechny naměřené hodnoty jsou zobrazeny v tabulce v příloze 2.

Tabulka 4- popisná statistika pro prodyšnost úpletů [l/m²/s]

Vzorky	$\bar{x}$	směr. odch.	IS dolní	IS horní	medián	Min	Max
DOC 822	1138	32,71	1097,39	1178,61	1150	1100	1180
DOC 848	1428	19,235	1404,12	1451,88	1420	1410	1460
JFC 337	601,2	9,09	589,91	612,49	600	588	612
JW 302	902,4	47,27	843,72	961,08	923	851	956
IMW 300	1396	50,29	1333,56	1458,44	1380	1350	1480
JK 328	424,2	7,19	415,27	433,13	428	415	431
DOC 904	966,2	36,78	920,54	1011,86	955	935	1030
JV 135	1520	60	1445,51	1594,49	1490	1470	1590
FSC 243	1102	26,83	1068,69	1135,31	1090	1080	1140
FSC 205	1498	44,39	1442,89	1553,1	1480	1460	1570
JC 342	1164	76,68	1068,8	1259,19	1150	1080	1270
JV 123	2512	85,84	2405,42	2618,58	2500	2420	2650
JC 1061	331,8	20,49	306,37	357,23	341	305	350
DOC 859	295,6	7,89	285,8	305,39	291	290	308
FSC 2209	1370	57,88	1298,15	1441,85	1370	1310	1460
JC 1037	253,2	14,17	235,61	270,79	260	236	267
JV 165	1682	43,24	1628,31	1735,69	1670	1630	1740
DTC 229	1302	37,68	1255,22	1348,78	1300	1260	1360
JC 1060	237,4	34,14	195,02	279,78	239	189	285
DTC 219	967,2	32,08	927,37	1007,02	980	920	1000
DMC 470	1042	27,75	1007,55	1076,45	1030	1010	1080
JC 347	1194	30,5	1156,14	1231,86	1190	1160	1230
DTC 228	1032	41,47	980,51	1083,49	1020	1000	1100
DTC 218	1582	64,58	1501,83	1662,17	1580	1490	1670
DTC 213	1274	16,73	1253,23	1294,77	1270	1260	1300
DOC 841	735,2	392,19	248,31	1222,09	903	34	927
EC 1060	209,8	17,11	188,56	231,04	206	193	238
EMC 1037	292,6	9,86	280,35	304,85	291	283	306

Pro lepší přehlednost výsledků byla vyhodnocená data zobrazena do grafu, který je na obrázku 20.



Obrázek 22 – graf naměřených hodnot prodyšnosti jednotlivých úpletů

Na výše uvedeném obrázku je zobrazen graf prodyšnosti s naměřenými hodnotami jednotlivých úpletů. Prodyšnost materiálů ovlivňuje tloušťka měřeného materiálu, objemová hmotnost použité nitě a také hustota propletených nití. Při vrstvení textilií dochází ke zhoršení prodyšnosti díky snížení počtu pórů nebo ke zmenšení jejich velikosti. Ke zhoršení prodyšnosti dochází i při zvýšené vlhkosti v materiálu, jednotlivá vlákna nabobtnají a ovlivní tak velikost pórů. Záleží také na materiálovém složení měřených vzorků. Materiály pro vysokohorskou turistiku vyžadují spíše méně prodyšné materiály. Při vybírání tří vhodných úpletů pro další zpracování byla prodyšnost jeden z pozorovaných faktorů ne však nejdůležitější. Rozmezí prodyšnosti měřených úpletů se pohybuje od 209,8 do 2512 l/m²/s. Prodyšnost třech vybraných úpletů se pohybuje spíše v horní hranici. Vyšší prodyšnost zde ještě není rozhodující, protože bude ovlivněna při dalším zpracování.

#### 7.1.4. Výběr vhodných úpletů

Z 28 vzorků byly během měření vyřazeny dva vzorky z důvodu opakující se chyby na přístroji Alambeta a tudíž je nebylo možné změřit. Vybíráno tedy bylo z 26 vzorků. Hlavním kritériem pro výběr tří vhodných úpletů pro další zpracování byla

Tvorba dvou-vrstvého laminátu s funkční pleteninou



zvolena paropropustnost a rozdílnost materiálového složení jednotlivých vzorků. Paropropustnost patří k velmi významným vlastnostem u sportovních oděvů. Profesor Hes v jednom z článků uvádí, že součin relativní paropropustnosti a tepelného odporu představuje u bund index kvality.[34] Byly vybrány tři vzorky s nejnižší hodnotou paropropustnosti, čím nižší je hodnota Ret tím více je materiál propustný pro vodní páry. Dalším kritériem bylo materiálové složení. Vybraly se tedy vzorky s nejnižší hodnotou Ret s ohledem na různá materiálová složení. Hodnoty tepelné jímavosti a tepelného odporu byly velmi podobné a odpovídaly zhruba středním hodnotám všech naměřených vzorků.

Tabulka 5 – vybrané vzorky pro další zpracování

Vzorky	Materiálové složení	Ret [Pa·m <sup>2</sup> ·W <sup>-1</sup> ]	r [W <sup>-1</sup> ·K·m <sup>2</sup> ]	b [W·m <sup>-2</sup> ·s <sup>1/2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	prodyšnost [l/m <sup>2</sup> /s]	tloušťka [mm]
<b>JV 135</b>	53% PES Coolmax/ 43% PESh Coolmax Fresh/ 6% Lycra	1,13	0,0102	151	1520	0,58
<b>JV 165</b>	77% PESh Thermocool/ 18% PESh/ 5% Lycra	1,2	0,0112	123	1682	0,65
<b>JW 302</b>	100% Merino wool	1,96	0,0107	164	902,4	0,59

Tyto tři vzorky byly dále proměřovány jako dvouvrstvý laminát s volnou podšívku. Úplety nahradily klasickou podšívku. Při měření byl každý úplet přiložen k dvouvrstvému laminátu s nanovláknennou membránou a následně proměřován. Měřena byla paropropustnost, tepelný odpor, jímavost, prodyšnost a vzlínavost. Výsledné data byla následně zpracována do tabulek a grafů, které jsou zobrazeny a popsány v kapitole 7.2. Vzhledem k tomu, že se jedná o nový druh výrobku, nebylo možné jej porovnat s totožným výrobkem, ale pouze s výrobkem, který odpovídá podobným kritériím jako tento nový výrobek. Hlavní kritéria tohoto výrobku jsou, aby měl příjemný omak, zahřál a byl dobře propustný pro vodní páry. Těmito kritériím se nejvíce přibližuje softshell. Naměřené hodnoty byly tedy porovnávány s naměřenými hodnotami konkurenčního materiálu Gore-tex Windstopper.

## 7.2. Vyhodnocení výsledků vytvořeného dvou vrstvého laminátu s volnou podšívkou

Jak již bylo zmíněno výše vzorky dvou vrstvého laminátu s volnou podšívkou budou porovnávány se softshellem, který představuje materiál s velmi podobnými požadovanými vlastnostmi jako tento nově vytvořený materiál. Výsledky byly vyhodnoceny pomocí programu Excel, QC Expert Trial a Matlab. Normalita dat byla ověřena u všech naměřených hodnot v programu QC Expert Trial. Data měřeného dvou vrstvého laminátu s volnou podšívkou pocházejí z normálního rozdělení.

### 7.2.1. Propustnosti pro vodní páry dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou

Propustnost pro vodní páry byla opět měřena na přístroji Permetest na Katedře hodnocení jakosti. Vybrané úplety byly volně přiloženy na dvou vrstvý laminát a v této podobě byly proměřovány. Na jednotlivých vzorcích dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou bylo provedeno deset měření. Stejně tak byl proměřován i vzorek Goretexu, který bude sloužit k porovnání s nově vytvořeným materiálem. Statistické vyhodnocení všech naměřených hodnot jsou zobrazeny v tabulce 6. Tabulka obsahuje průměrné hodnoty jednotlivých vzorků, dále směrodatnou odchylku, horní a dolní meze intervalu spolehlivosti, medián a minimum a maximum.

*Klimatické podmínky v laboratoři:*

Teplota vzduchu: 25,5°C

Vlhkost vzduchu: 38 %

Tabulka 6 – popisná statistika propustnosti pro vodní páry [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]

Vzorky	$\bar{x}$	směrodatná odchylka	IS dolní	IS horní	medián	min	max
JW 302	6,51	0,39	6,23	6,79	6,5	6	7,4
JV 165	5,97	0,40	5,68	6,26	6,15	5,2	6,3
JV 135	6,03	0,18	5,89	6,16	6,05	5,7	6,4
Goretex	7,1	0,22	6,94	7,26	7,15	6,8	7,4

V případě, že by se porovnávaly pouze hodnoty průměru, nejlépe by dopadl vzorek, kde byl použit úplet ze speciálních polyesterových vláken Termocool s hodnotou ret 5,97. Dále by následoval vzorek s úpletem ze speciálních polyesterových vláken Coolmax, následně vzorek z vlny. Nejhorší by dopadl podobný konkurenční materiál s hodnotou ret 7,1.

Pro porovnání dvouvrstevných laminátů s volnou podšívkou a softshellu byla použita jednofaktorová anova. Bylo zjišťováno, zda je propustnost pro vodní páry dvouvrstevného laminátu s volnou podšívkou závislá na materiálovém složení. Jedná se o jednofaktorovou analýzu rozptylu, která zjišťuje, rozdíl průměrů mezi více skupinami pomocí testového kritéria F. Pomocí testovacího kritéria se testuje hypotéza, zda se průměry ve skupinách od sebe liší více než na základně přirozené variability. Jednofaktorová anova byla provedena pomocí programu Matlab, pro ověření i v programu Excel. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 7, 8.

Tabulka 7 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro propustnost vodních par

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Stupně volnosti
<b>JW 302</b>	10	65,1	6,51	0,152
<b>JV 165</b>	10	59,7	5,97	0,160
<b>JV 135</b>	10	60,3	6,03	0,033
<b>Goretex</b>	10	71	7,1	0,049

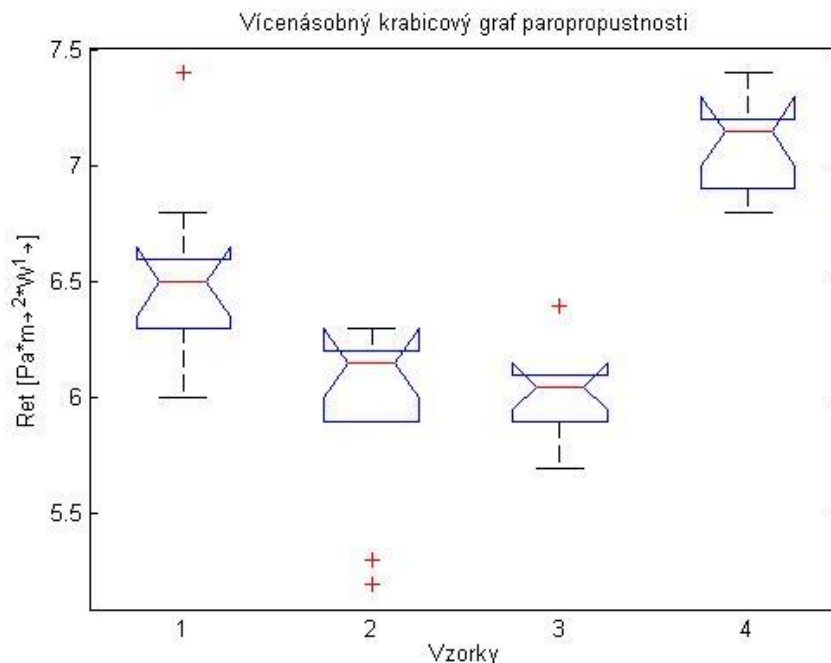
Tabulka 8 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro propustnost vodních par

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
<b>Mezi výběry</b>	8,23875	3	2,74625	27,842	1,71882E-09	2,866
<b>Všechny výběry</b>	3,551	36	0,098639			
<b>Celkem</b>	11,78975	39				

$H_0$ : propustnost pro vodní páry zkoumaných skupin nejsou závislé na materiálovém složení.

$H_1$ : propustnost pro vodní páry zkoumaných skupin jsou závislé na materiálovém složení.

Dle výsledných hodnot z Anovy lze tedy říci, že na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  % zamítáme  $H_0$  a přijímáme  $H_1$ ; paropropustnost měřených vzorků je závislá na materiálovém složení. S různým materiálovým složením bude paropropustnost rozdílná.



Obrázek 23 - analýza rozptylu pro paropropustnost

Z tohoto grafu lze dobře vidět rozložení naměřených dat. V naměřených hodnotách se vyskytují čtyři odlehlé hodnoty označeny červeným křížkem. Z grafu lze říci, že nově vytvořený materiál s volnou podšívkou má lepší paropropustnost oproti softshellu, naměřená hodnota  $Ret\ 7,1\ Pa\cdot m^2\cdot W^{-1}$ . Všechny tři měřené vzorky mají nižší hodnotu  $Ret$  než softshell. Nejlépe dopadl vzorek z polyesterových vláken Termocool s hodnotou  $Ret\ 5,97\ Pa\cdot m^2\cdot W^{-1}$ , který měl hodnotu  $Ret$  nejnižší. Bude tedy nejlépe propustný pro vodní páry. Následoval vzorek s úpletem z polyesterových vláken Coolmax s naměřenou hodnotou  $Ret\ 6,03\ Pa\cdot m^2\cdot W^{-1}$ , dále pak vzorek s úpletem z vlněných vláken Merino s hodnotou  $Ret\ 6,51\ Pa\cdot m^2\cdot W^{-1}$ . Nově vytvořené materiály jsou paropropustnější díky použití právě funkčních pletenin. Jejichž hlavním úkolem je rychle odvádět vodní páru od těla ven. Dále také použití nanovláknenné membrány v laminátu. Tato membrána má oproti mikroporézním membránám (Gore-tex) více pórů

na  $\text{cm}^2$ , čímž je podpořena právě paropropustnost tohoto laminátu. Je schopna propustit více molekul vodní páry, ale nepropustí molekuly vody.

### 7.2.2. Tepelná jímavost a tepelný odpor dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou

Na přístroji Alambeta byly změřeny všechny vybrané vzorky jako dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou. Všechny naměřené hodnoty jsou zobrazeny v Příloze 3.

V níže uvedené tabulce je zobrazena popisná statistika pro tepelný odpor a tepelnou jímavost dvou-vrstvého laminátu s volnou podšívkou. V tabulce 7 jsou zobrazeny hodnoty vygenerované v programu Excel. Od shora je to průměr, směrodatná odchylka, variační koeficient, dolní a horní meze intervalů spolehlivosti.

*Klimatické podmínky v laboratoři:*

Teplota vzduchu: 24,4°C

Vlhkost vzduchu: 33 %

Tabulka 9 – popisná statistika tepelného odporu a tepelné jímavosti

	JW 302		JV 165		JV 135		Goretex
	r [W <sup>-1</sup> *K*m <sup>2</sup> ]	b [W*m <sup>-2</sup> *s <sup>1/2</sup> *K <sup>-1</sup> ]	r [W <sup>-1</sup> *K*m <sup>2</sup> ]	b [W*m <sup>-2</sup> *s <sup>1/2</sup> *K <sup>-1</sup> ]	r [W <sup>-1</sup> *K*m <sup>2</sup> ]	b [W*m <sup>-2</sup> *s <sup>1/2</sup> *K <sup>-1</sup> ]	r [W <sup>-1</sup> *K*m <sup>2</sup> ]
$\bar{x}$	0,0295	121,8	0,0262	112,7	0,0246	124,4	0,0374
směr. odch.	0,0005	5,4119	0,0008	4,2177	0,0006	3,0623	0,0026
var. koef.	1,61	4,4432	3,2007	3,7424	2,2431	2,4617	7,0404
IS dolní mez	0,0291	117,9288	0,0256	109,6831	0,0242	122,2095	0,0355
IS horní mez	0,0298	125,6712	0,0267	115,7169	0,0249	126,5905	0,0393

Pro porovnání tepelného odporu dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou a podobného materiálu softshellu byla použita jednofaktorová anova. Bylo zjišťováno, zda je tepelný odpor dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou závislý na materiálovém složení. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 10 a 11.

Tabulka 10 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro tepelný odpor

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Stupně volnosti
JW 302	10	0,2946	0,02946	2,24889E-07
JV 165	10	0,2615	0,02615	7,00556E-07
JV 135	10	0,2458	0,02458	3,04E-07
Goretex	10	0,374	0,0374	6,93333E-06

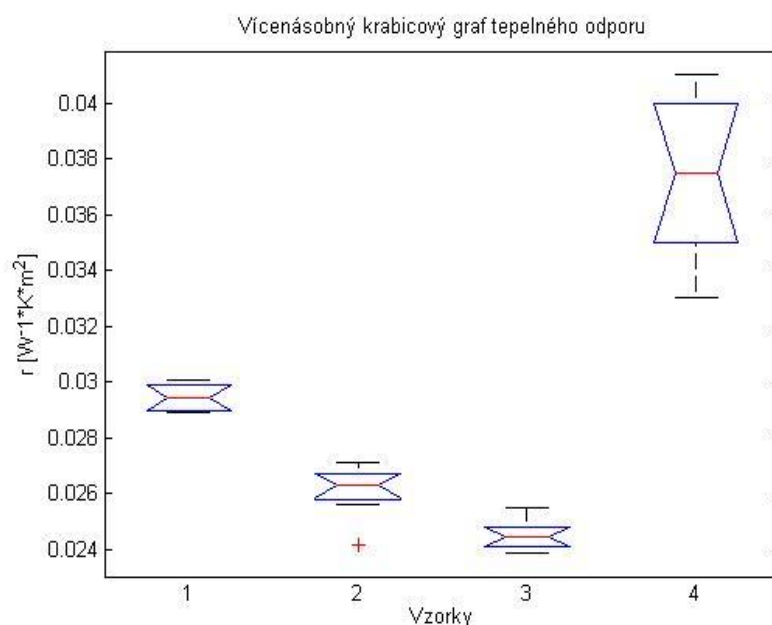
Tabulka 11 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro tepelný odpor

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0,000977985	3	0,000326	159,747	7,4363E-21	2,8662
Všechny výběry	0,000073465	36	2,04E-06			
Celkem	0,00105145	39				

$H_0$ : tepelný odpor zkoumaných skupin nejsou závislé na materiálovém složení.

$H_1$ : tepelný odpor zkoumaných skupin jsou závislé na materiálovém složení

Z výsledků jednofaktorové anovy vyplývá, že na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  % zamítáme hypotézu  $H_0$  a přijímáme  $H_1$ ; tepelný odpor je závislý na materiálovém složení. Vzorky jsou tedy rozdílné. Pro lepší zobrazení byly naměřené hodnoty vzorků zobrazeny do vícenásobného grafu níže.



Obrázek 24 – graf analýzy rozptylu pro tepelný odpor

Ze zobrazeného grafu je patrné rozložení naměřených dat. Nově vzniklé materiály mají menší rozptyl dat než porovnávaný vzorek, což je lepší. Lze také pozorovat, že nově vzniklé materiály mají nižší tepelný odpor než porovnávaný softshell. Což znamená, že budou nepatrně hůře udržovat tepelně izolační vlastnosti. Nejlepším tepelným izolantem ze tří nově vytvořených materiálů bude dvouvrstvý laminát s volně vloženou podšívkou z vlněného úpletu s hodnotou  $r\ 0,095\ W^{-1}\cdot K\cdot m^2$ . Nejhorším tepelným izolantem bude dvouvrstvý laminát s funkční pleteninou z polyesterových vláken Coolmax. Hodnota vzorku Windstopper byla  $r\ 0,0374\ W^{-1}\cdot K\cdot m^2$ .

### 7.2.3. Prodyšnost dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou

Prodyšnost dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou a vzorek softshellu byla měřena opět na přístroji FX 3300. Každý vzorek byl proměřen 10x. Všechny naměřené hodnoty jsou v příloze 3. Popisná statistika těchto čtyř vzorků je v tabulce 12. V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty, směrodatná odchylka, dolní a spodní interval spolehlivosti, dále pak medián, minimum a maximum.

*Klimatické podmínky v laboratoři:*

Teplota vzduchu: 26,5°C

Vlhkost vzduchu: 39 %

Tabulka 12 – popisná statistika prodyšnost [ $l/m^2/s$ ]

Vzorky	$\bar{x}$	Směrodatná odchylka	IS dolní	IS horní	medián	min	max
<b>JW 302</b>	4,858	0,38	4,59	5,13	2,47	2,37	2,52
<b>JV 165</b>	4,9	0,32	4,67	5,13	4,69	4,53	5,62
<b>JV 135</b>	4,981	0,14	4,88	5,08	5	4,73	5,18
<b>Goretex</b>	2,453	0,0555878	2,4132377	2,4927623	2,47	2,37	2,52

Pro vyhodnocení prodyšnosti dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou byla použita metoda jednofaktorové anovy. Výsledné hodnoty z této metody jsou zobrazeny níže v tabulce 13 a 14. Data zobrazena v grafu jsou na obrázku 25.

Tabulka 13 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro prodyšnost

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Stupně volnosti
JW 302	10	48,58	4,858	0,144373333
JV 165	10	49	4,9	0,101866667
JV 135	10	49,81	4,981	0,020476667
Goretex	10	24,53	2,453	0,00309

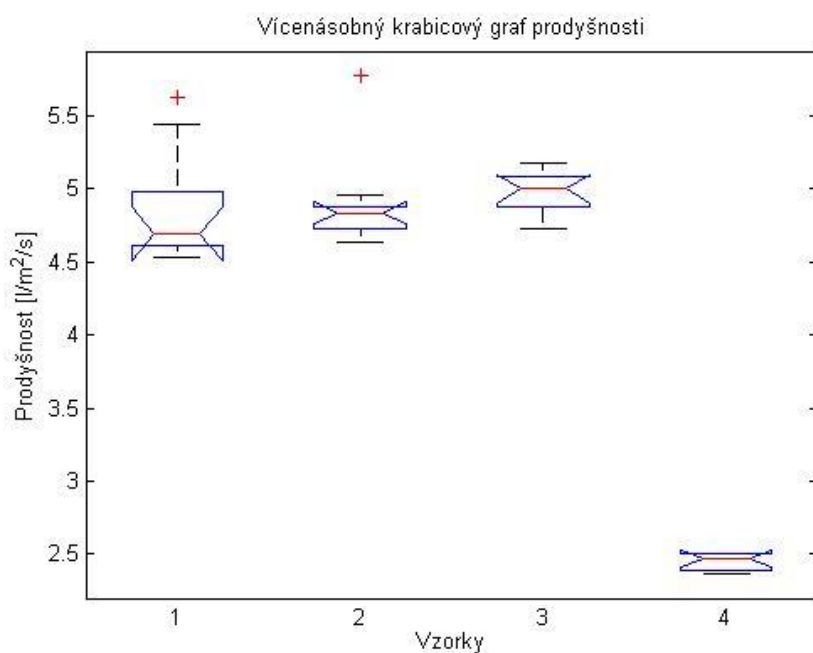
Tabulka 14 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro prodyšnost

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	45,46518	3	15,15506	224,6802896	2,33685E-23	2,86626555
Všechny výběry	2,42826	36	0,067451667			
Celkem	47,89344	39				

$H_0$ : prodyšnost zkoumaných skupin nejsou závislé na materiálovém složení.

$H_1$ : prodyšnost zkoumaných skupin jsou závislé na materiálovém složení

Dle výsledků z výše uvedené metody na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  % zamítáme  $H_0$  a přijímáme  $H_1$ ; prodyšnost vzduchu závisí na materiálovém složení.



Obrázek 25 – graf analýzy rozptylu pro prodyšnost



Z výše uvedeného grafu lze pozorovat rozmístění dat jednotlivých vzorků. Nově vytvořené materiály se překrývají, což znamená, že nejsou statisticky významné a i přes rozdílnost použitého materiálu v podšívce jsou naměřené hodnoty prodyšnosti velmi podobné. Tyto vzorky mají přibližně o polovinu vyšší hodnoty prodyšnosti než porovnávaný softshell. Budou tedy o polovinu prodyšnější než softshellový materiál. Nejlépe prodyšným materiálem bude dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou z úpletu s vlněnými vlákny 4, 858 l/m<sup>2</sup>/s, nejhůře prodyšný materiál je úplet z polyesterových vláken Coolmax s hodnotou prodyšnosti 4,981 l/m<sup>2</sup>/s. Prodyšnost Softshellu Windospper od firmy Gore-tex je 2,453 l/m<sup>2</sup>/s.

#### **7.2.4. Zjišťování vzlínavosti vytvořeného laminátu**

Testování vzlínavosti vzorků se zjišťuje, jak moc jsou materiály schopné absorbovat nebo odpuzovat vodu. Vzorky byly proměřovány 5x a následně porovnány se softshellovým materiálem. Výsledné hodnoty jsou přístrojem zaznamenávány do grafu a také do „koláčů“, které podle hojnosti modrého zabarvení ukazují, jak moc se tekutina rozprostřela do měřeného materiálu z rubu i z líce. Grafy a ukázka „koláče“ jsou přiloženy v příloze 5.

*Klimatické podmínky v laboratoři:*

Teplota vzduchu: 22,8°C

Vlhkost vzduchu: 338 %

Vyhodnocená data potvrzují funkci úpletů, které rychle absorbují vodu a rychle ji odvedou ven z těla nebo do dalších vrstev. Kdežto laminát s membránou vodu vůbec neabsorbuje, spíše vytvoří na povrchu kapičky tekutiny. Pro porovnání byly měřeny také dvouvrstvé a třívrstvé lamináty Gore-tex a Dermizax od konkurenčních firem. Tyto materiály měly vzlínavost velmi malou. Vzhledem k lícové straně, která správně nepropouští vodu, je malá spíše žádná vzlínavost materiálů žádoucí. Jedná-li se o rubní stranu, která se může dostat do kontaktu přímo s pokožkou je minimální vzlínavost spíše nežádoucí. Uživatel, který si obleče tričko a softshellovou bundu se setká s velmi nepříjemnou vlhkostí vzniklou při pocení, která se bude odpařovat pomaleji než u nově

vytvořeného materiálu. S vysokou vlhkostí vzniká nepříjemný pocit z vlhka a studený omak. Proto by bylo vhodné použít sací vrstvu mezi tričko a bundu nebo využít nově vytvořený dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou, který je schopen vzniklou vlhkost absorbovat a transportovat od těla ven. Transport vlhkosti je zde zajištěn použitím úpletů z funkčních vláken, jejichž předností je právě rychlost transportu vlhkosti od těla ven.

### **7.3. Návrh vhodného výrobku**

Na základně vyhodnocených zkoušek bylo, jako vhodný výrobek pro daný typ materiálu zvolena vesta. Nově vytvořený materiál v této podobě není možno v takové kvalitě použít k vytvoření bundy. V případě vytvoření bundy z tohoto materiálu by se dala předpokládat negativa u ohybové tuhosti a u oděru membrány volnou podšívkou. U vesty je ohybová tuhost eliminována tím, že se zde nevyskytují rukávy. Co se týče oděru, zástupce firmy Nanoprotex sice uvedl, že oděr je u této membrány eliminován při laminování, kde laminovací lepidlo prostupuje více do struktury nanovlákněné membrány a tím je oděr omezen. Přesto by bylo dobré věnovat tomu další část výzkumu, zda je u této membrány oděr opravdu eliminován. Další možnou variantou eliminace oděru je uvažovat o tvorbě třívrstvého laminátu. Zde by se tedy musel rozšířit výzkum i ohybovou tuhost materiálu případná úprava materiálu ve složení.

Vesty, které byly zvoleny jako vhodný produkt, z nově vytvořeného materiálu byly zhotoveny ve všech třech podobách. Bylo ušito šest vest od každého materiálového složení dvě, ty se momentálně testují ve firmách rovnou na uživateli. Testují se, zda jejich vlastnosti odpovídají výsledkům experimentálního měření a zda je potřeba provést další měření nebo úpravy nově vytvořeného dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou s funkční pleteninou jako podšívkový materiál.

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou s použitím funkční pleteniny jako podšívkového materiálu. Účelem tvorby nového výrobku bylo vytvoření takového materiálu, který by měl mít dobrou propustnost pro vodní páry, dobré tepelně izolační vlastnosti. Použitím funkční pleteniny místo klastické podšívky bylo cílem zpříjemnit omak a zlepšit propustnost pro vodní páry i tepelně izolační vlastnosti.

Teoretická část je věnována problematice outdoorového sportu. Použití materiálů pro oděvy, které slouží k outdoorovým sportům. Dále pak popis přístrojů, na kterých bylo prováděno experimentální měření.

Úvod praktické části je věnován popisu firmy, která poskytla funkční úplety pro experimentální měření a následně tvorbu dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou. V další části jsou popsána jednotlivá měření, která byla prováděna na funkčních úpletech. Získané úplety byly nejprve proměřovány na přístroji Permetest, kde byla zjišťována paropropustnost. Na přístroji Alambeta byly jednotlivé úplety měřeny na tepelnou jímavost a tepelný odpor. Vzorky byly dále měřeny na tloušťkoměru a na přístroj FX 3300, kde byla zjišťována jejich prodyšnost. Samotný dvouvrstvý laminát byl proměřován na přístroji Hydrostatic Head Tester k zjištění vodního sloupce. Měřeno bylo 28 vzorků. K výběru posloužilo jen 26 vzorků funkčních úpletů, z důvodu stále se opakující chyby na přístroji Alambeta u dvou funkčních úpletů, proto musely být nezměřené vzorky z výběru vyřazeny. Z těchto 26 vzorků byly po vyhodnocení měření vybrány tři, které se následně použily k tvorbě dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou. Hlavním kritériem pro výběr vzorků byla stanovena paropropustnost a rozdílnost materiálového složení. Byly tedy vybrány ty vzorky, jež měly hodnotu paropropustnosti nejmenší s ohledem na rozdílnost materiálové složení. Dále bylo přihlíženo k tloušťce úpletů, tepelné jímavosti a tepelnému odporu. Vybrané vzorky byly z polyesterových vláken Coolmax a Termocool a poslední vzorek byl z vlny Merino. Tyto tři vybrané vzorky byly následně proměřovány jako dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou. Dvouvrstvý laminát byl tvořen z nanovláknenné membrány

---

Tvorba dvou-vrstvého laminátu s funkční pleteninou

Nanoprotex a vrchní tkaniny ze 100 % polyamidu. Nově vytvořený materiál byl následně proměřován na prodyšnost, paropropustnost a tepelný odpor.

Vzhledem k tomu, že se jedná o nový výrobek, který nemá v této podobě zastoupení na trhu, bylo zapotřebí vybrat pro porovnání vlastností podobný materiál se se stejně požadujícími vlastnostmi. Nejblíže se nově vytvořenému materiálu podobá softshell Windstoperr od firmy Gore-tex. S tímto materiálem byly porovnávány výsledné hodnoty nově vytvořeného materiálu.

Dle výsledných hodnot paropropustnosti byl nově vytvořený materiál lepší oproti softshellovému materiálu. Čím nižší je hodnota Ret, tím více je daný materiál prostupnější pro vodní páry. Všechny tři nově vytvořené materiály, měly nižší hodnotu Ret než softsellový materiál. Jsou tedy více propustné pro vodní páry a to díky použití funkčních úpletů, jejichž specifickou vlastností je právě rychlý odvod vodních par od těla ven. Další příčinou je použití nanovláknenné membrány. Nanovláknenná membrána má větší počet pórů na  $\text{cm}^2$  oproti mikroporézní membráně, která byla použita u softshellového materiálu. Díky většímu počtu pórů je schopna propustit větší množství molekul vodní páry, ale nepropustí molekuly vody. Nejlépe vyšel materiál s funkční pleteninou z vláken Termocool s hodnotou Ret  $5,97 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$  a nejhůře materiál s funkční pleteninou z vlny s hodnotou Ret  $6,5197 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ . Naměřená hodnoty softshellu Ret  $7,1 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ .

Při porovnání tepelného odporu dopadly nově vytvořené materiály nepatrně hůře než softshellový materiál. Což znamená, že tepelně izolační vlastnosti nově vytvořených materiálů budou o malinko horší než u softshellového materiálu. Z nově vytvořených materiálů bude nejlepším izolantem vzorek, kde byla použita funkční pletenina z vlny  $r \ 0,0295 \text{ W}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2$  a nejhorším izolantem bude materiál s funkční pleteninou z coolmaxových vláken  $r \ 0,046 \text{ W}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2$ . Softshellový materiál měl hodnotu tepelného odporu  $r \ 0,0374 \text{ W}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2$ .

Hodnoty tepelné jímavosti u dvouvrstvého laminátu s volnou podšívkou se pohybovaly v rozmezí od 112, 7 do  $124,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Lze tedy říci, že rozdíly tepelné jímavosti mezi jednotlivými nově vytvořenými materiály jsou minimální. Vzhledem k nízkým hodnotám tepelné jímavosti, lze předpokládat, že budou mít teplý omak.

Výsledné hodnoty prodyšnosti vypovídají o tom, že nově vytvořené materiály budou více prodyšné pro vzduch, což je u outdoorových oděvů spíše nežádoucí. Výsledné hodnoty prodyšnosti jednotlivých materiálů se pohybovaly v rozmezí od 4,858 do 4,981 l/m<sup>2</sup>/s. Softshellový materiál má hodnotu prodyšnosti 2,453 981 l/m<sup>2</sup>/s. Nejméně prodyšný je materiál, kde byla použita pletenina z vlny a nejvíce prodyšný je materiál, kde byla použita pletenina z coolmaxových vláken.

Nově vzniklé materiály byly dále proměřovány na vzlínavost. Výsledné hodnoty byly porovnávány s dvouvrstvým a s třívrstvým laminátem Gore-tex a Dermizax. Díky použití funkčních pletenin jsou schopny nově vytvořené materiály, rychle absorbovat vodu a rychle ji odvést pryč od těla, čímž je eliminován nepříjemný pocit vlhka a chladu. Lící strana je vodu odpuzující stejně jako všechny porovnávané materiály. Dermizax i Gore-tex nepropouští vodu z lící strany a z rubové strany jsou minimálně nasákavé, což způsobuje nadměrný výskyt vlhkosti s nepříjemným pocitem vlhka a chladu.

Po vyhodnocení všech měření byl zvolen oděv k výrobě. Vzhledem k tomu, že se jedná o prvotní proměřování materiálů v této podobě, byl navrhnut jako vhodný oděv vesta. Vesty byly následně ušity ze všech tří materiálů a nyní jsou dále testovány uživateli. Zda vyhodnocené výsledky odpovídají i praxi a zda je potřeba další měření a úpravy. Vesty by tedy měly splňovat dobrou paropropustnost, příjemný hřejivý omak a dostatečné tepelně izolační vlastnosti. V případě návrhu bundy z těchto materiálů, by bylo zapotřebí věnovat další část výzkumu možnosti tvorbě třívrstvého laminátu, který je odolnější a tedy více vhodný pro bundu. V případně použití stávajících materiálů je zapotřebí věnovat patřičnou část dalšího výzkumu ohybové tuhosti, které je v případě rukávu značně omezena a také vliv tření volné podšívky na membránu. Zda nedochází při používání k negativnímu tření a následnému opotřebení a znehodnocení nanovlákněné membrány.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KNÍŽEK, R.: *Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity*. Liberec, 2013. ISBN 978-80-7494-012-5
- [2] BALAJ, Kamil. Treking – portál o horách, trekingu a turistice: Softshell [online]. [cit. 13. 3. 2013]. [vid. 13. 11. 2009]. Dostupné z: <<http://www.treking.cz/testy/softshell.htm>>
- [3] Prof. Ing. LUBOŠ HES, DrSc, Bc. PERT SLUKA.: *Úvod do komfortu textilií*. Liberec, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [4] Přednáška - Oděvní materiály – klasifikace. Katedra oděvnictví. TU Liberec 2013  
<[http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM\\_prednaska2\\_2013.pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska2_2013.pdf)>
- [5] Materiály od fitmy Klimatex
- [6] Doc. Ing. JAROSLAV STANĚK, Csc., *Textilní zbožížnalství*, Vláknenné suroviny, příze, nitě. Liberec, 2006. ISBN 80-7372-147-3
- [7] Chemická vlákna ze syntetických polymerů [online]. TU Liberec. [cit. 8. 12. 2013]. Dostupné z: <[http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/synteticka\\_vlakna.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/synteticka_vlakna.pdf)>
- [8] Elastan [online]. [cit. 25. 12. 2013]. Dostupné z: <<http://www.economypoint.org/e/elastan.html>>
- [9] Prof. Ing. JIŘÍ MILITKÝ, CSc., *Technické textilie-vybrané kapitoly*. Liberec, 2007. ISBN 978-80-7372-170-1
- [10] Ochranná vrstva [online]. [cit. 10. 12. 2012]. Dostupné z: <<http://www.klimatex.eu/jak-spravne-vrstvit-funkcni-obleceni/t-122/>>
- [11] Outdoor guide: Membrány [online]. [cit. 10. 12. 2013]. [vid. 27. 11. 2009]. Dostupné z: <<http://www.outdoorguide.cz/zater-a--membrana-40.html>>

- [12] MACHÁČEK, P., HOTMAR, J., Svět outdooru: Druhy membrán [online]. [cit. 10. 12. 2013]. [vid. 2007]. Dostupné z:  
<<http://www.svetoutdooru.cz/rady/vite-co-si-oblekate-i-/>>
- [13] Gamisport - sportovní a outdoor oblečení a boty: Obrázek membrány [online]. [cit. 10. 12. 2013]. 2012. Dostupné z:  
<<http://www.yasha.cz/yasha/4-MATERIALY/2-Materialy-HANNAH>>
- [14] Gamisport - sportovní a outdoor oblečení a boty: Obrázky laminátu [online]. [cit. 10. 12. 2013]. 2012. Dostupné z:  
<<http://www.gamisport.cz/s/membrany-gore-tex/>>
- [15] Nanoprotex [online]. [cit. 10. 12. 2013]. 2012. Dostupné z:  
<<http://www.nanoprotex.eu/>>  
<<http://www.svitap.cz/nano-membrany/>>
- [16] Svět sportu: Membrána Nanoprotex [online]. [cit. 10. 12. 2013]. Zdroj: idnes [vid. 28. 1. 2013]. Dostupné z:  
<[http://www.svetsportu.info/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2068:v-liberci-vyvinuli-novou-membranu-nanoprotex&catid=35:zajimavosti&Itemid=66](http://www.svetsportu.info/index.php?option=com_content&view=article&id=2068:v-liberci-vyvinuli-novou-membranu-nanoprotex&catid=35:zajimavosti&Itemid=66)>
- [17] PLUHAŘ, A., Technetcz : obrázek nanovlákněné membrány [online]. [cit. 10. 12. 2013]. Zdroj: idnes. [vid. 17. 1. 2013]. Dostupné z:  
<[http://technet.idnes.cz/prevrat-v-nepromokavosti-09g-/veda.aspx?c=A130117\\_082856\\_liberec-zpravy\\_dtd](http://technet.idnes.cz/prevrat-v-nepromokavosti-09g-/veda.aspx?c=A130117_082856_liberec-zpravy_dtd)>
- [18] RŮŽIČKOVÁ, J., *Elektrostatické zvlákňování nanovláken*, Liberec 2004,
- [19] ŠVACHOVÁ Veronika, Diplomová práce: Zvlákňování celulózy pomocí elektrospinningu a plazmochemické modifikace celulóзовých nanovláken, Brno 2012
- [20] REIL Jakub, Bakalářská práce: Návrh marketingové strategie nanotextilií, TU Liberec, Fakulta textilní, červen 2010

- [21] MITTELBACH, J., KALÁB, V., idnes.cz - obrázek technologie Nanospider [online]. [cit. 20. 12. 2013]. [vid. 28. 2. 2008]. Dostupné z: <<http://tech.ihned.cz/c1-23053440-nanotechnologie-z-liberce-maji-budoucnost-i-za-oceanem>>
- [22] R. A. DELLJOVÁ, R. F. AFANASJEVOVÁ, Z. S. ČUBAROVÁ, *Hygiena odívání*. Moskva, 1979. L21-B3-IV-41/82 331
- [23] a-sprot: obrázek hydrostatické odolnost [online]. [cit. 25. 3. 2013]. 1996 – 2014 <<http://www.moto-obleceni-held.cz/materialy-held/vodni-sloupec-a-nepromokavost-25.3>>
- [24] SDL ATLAS Textile testing solution. [online]. [cit. 2. 2. 2014]. 2012. Dostupné z: <<http://www.sdlatlas.com/product/203/MMT-Moisture-Management-Tester#>>
- [25] Firma Sytex. [online]. [cit. 24. 3. 2014]. Dostupné z: <<http://www.sintex.cz/>>
- [26] DUCHÁČEK Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT v Praze, Praha 2006.
- [27] Saltman – funkční prádlo pro aktivní život, Thermolite. [online]. [cit. 26. 11. 2013]. Dostupné z: <<http://www.saltman.cz/cz/informace/text/thermolite.html>>
- [28] Coolmax. [online]. [26. 11. 2013]. Dostupné z: <<http://coolmaxfabric.com/>>
- [29] Saltman – funkční prádlo pro aktivní život, Coolmax Fresh. [online]. [26. 11. 2013]. Dostupné z: <<http://www.saltman.cz/cz/informace/text/coolmax-fresh-.html>>
- [30] Saltman – funkční prádlo pro aktivní život, Termocool. [online]. [26. 11. 2013]. Dostupné z: <<http://www.saltman.cz/cz/informace/text/termocool.html>>
- [31] Hannah, Obrázek vlny Merino. [online]. [cit. 26. 11. 2013]. Dostupné z: <<http://eshop.hannah.cz/press/533/merino-extra-fine.html>>



- [32] Merinoshop, obrázek vlny Merino [online]. [cit. 26. 11. 2013]. Dostupné z: <http://www.merinoshop.cz/cs/merino-nebo-syntetika.html>
- [33] Lycra [online]. [cit. 25. 10. 2013]. Dostupné z: [http://www.lycra.com/g\\_en/home.aspx](http://www.lycra.com/g_en/home.aspx)
- [34] KOČÁRKOVÁ, J., T – UNI. *Na TUL měří komfortní vlastnosti textilií*. [online]. [cit. 2. 5. 2014]. [vid. 14. 4. 2008]. Dostupné z: <http://tuni.tul.cz/archiv/id:30867/na-tul-meri-komfortni-vlastnosti-textilii>
- [35] Vlastní zdroj

## Seznam tabulek

Tabulka 1- materiálové složení zkoumaných vzorků udávané výrobcem.....	34
Tabulka 2 - Výsledné hodnoty dvou vrstvého laminátu.....	38
Tabulka 3 – popisná statistika pro paropropustnost úpletů [ $\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ ] .....	40
Tabulka 4- popisná statistika pro prodyšnost úpletů [ $\text{l}/\text{m}^2/\text{s}$ ] .....	46
Tabulka 5 – vybrané vzorky pro další zpracování .....	48
Tabulka 6 – popisná statistika propustnosti pro vodní páry [ $\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ ] .....	49
Tabulka 7 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro propustnost vodních par .....	50
Tabulka 8 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro propustnost vodních par .....	50
Tabulka 9 – popisná statistika tepelného odporu a tepelné jímavosti .....	52
Tabulka 10 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro tepelný odpor .....	53
Tabulka 11 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro tepelný odpor .....	53
Tabulka 12 – popisná statistika prodyšnost [ $\text{l}/\text{m}^2/\text{s}$ ].....	54
Tabulka 13 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro prodyšnost.....	55
Tabulka 14 – výsledné hodnoty jednofaktorové anovy pro prodyšnost.....	55

## Seznam obrázků

<i>Obrázek 1- Jednosložková pletenina[5].....</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 2 – Integrovaná pletenina[5].....</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 3 – Dvou vrstvý laminát s volnou podšívkou[13] .....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 4 – porovnání dvouvrstvého a třívrstvého laminátu[14].....</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 5 – membrána Nanoprotex[17].....</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 6 - Schéma principu elektrostatického zvlákňování[18] .....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 7- Technologie Nanospider[21].....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 8 – Přístroj Permetest[3].....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 9 - popis přístroje Alambeta[3] .....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 10 - Měření vodního sloupce[23].....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 11 – přístroj MMT[24] .....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 12 – funkce vláken Termolite[27] .....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 13- funkce vláken Coolmax[28].....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 14 – vyrovnání teploty[30]    Obrázek 15 – chlazení odpařováním[30] .....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 16 – funkce úpletu z Merino vlny[32] .....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 17 - graf naměřených hodnot paropropustnosti jednotlivých úpletů .....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 18 – graf závislosti relativní propustnosti vodních par a výparného odporu...42</i>	
<i>Obrázek 19 – graf naměřených hodnot tepelné jímavosti jednotlivých úpletů.....43</i>	
<i>Obrázek 20 – graf naměřených hodnot plošného odporu vedení tepla jednotlivých úpletů .....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 21 – graf závislosti tepelného odporu na tloušťce .....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 22 – graf naměřených hodnot prodyšnosti jednotlivých úpletů .....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 23 - analýza rozptylu pro paropropustnost .....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 24 – graf analýzy rozptylu pro tepelný odpor.....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 25 – graf analýzy rozptylu pro prodyšnost .....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 26 – úplet označený DMC 470[35] .....</i>	<i>69</i>
<i>Obrázek 27 – úplet označený DOC 822[35] .....</i>	<i>69</i>
<i>Obrázek 28 – úplet označený DOC 841[35] .....</i>	<i>70</i>
<i>Obrázek 29 – úplet označený DOC 848[35] .....</i>	<i>70</i>
<i>Obrázek 30 – úplet označený DOC 859[35] .....</i>	<i>71</i>
<i>Obrázek 31- úplet označený DOC 904[35] .....</i>	<i>71</i>
<i>Obrázek 32 – úplet označený DTC 213[35] .....</i>	<i>72</i>
<i>Obrázek 33 – úplet označený DTC 218[35] .....</i>	<i>72</i>
<i>Obrázek 34 – úplet označený DTC 219[35] .....</i>	<i>73</i>
<i>Obrázek 35 – úplet označený DTC 228[35] .....</i>	<i>73</i>

<i>Obrázek 36 – úplet označený DTC 229[35]</i> .....	74
<i>Obrázek 37 – úplet označený EC 1060[35]</i> .....	74
<i>Obrázek 38 – úplet označený EMC 1037[35]</i> .....	75
<i>Obrázek 39 – úplet označený FSC 205[35]</i> .....	75
<i>Obrázek 40 – úplet označený FSC 243[35]</i> .....	76
<i>Obrázek 41- úplet označený FSC 2209[35]</i> .....	76
<i>Obrázek 42 – úplet označený IMW 300[35]</i> .....	77
<i>Obrázek 43 – úplet označený JC 342[35]</i> .....	77
<i>Obrázek 44 – úplet označený JC 347[35]</i> .....	78
<i>Obrázek 45 – úplet označený JC 1037[35]</i> .....	78
<i>Obrázek 46 – úplet označený JC 1060[35]</i> .....	79
<i>Obrázek 47 – úplet označený JC 1061[35]</i> .....	79
<i>Obrázek 48 – úplet označený JFC 337[35]</i> .....	80
<i>Obrázek 49 – úplet označený JK 328[35]</i> .....	80
<i>Obrázek 50 – úplet označený JV 123[35]</i> .....	81
<i>Obrázek 51 – úplet označený JV 135[35]</i> .....	81
<i>Obrázek 52 – úplet označený JV 165[35]</i> .....	82
<i>Obrázek 53 – úplet označený JW 302[35]</i> .....	82

## **Seznam příloh**

Příloha 1 - Snímky funkčních úpletů.....	69
Příloha 2 - Naměřené hodnoty funkčních úpletů .....	83
Příloha 3 - Naměřené hodnoty dvou vrstvého laminátu s volnou podšívkou.....	86
Příloha 4 - Skript použit v programu Matlab pro jednovýběrovou anovu.....	86
Příloha 5 - Měření vzlínivosti.....	87

## **Příloha 1 - Snímky funkčních úpletů**



*Obrázek 26 – úplet označený DMC 470[35]*



*Obrázek 27 – úplet označený DOC 822[35]*





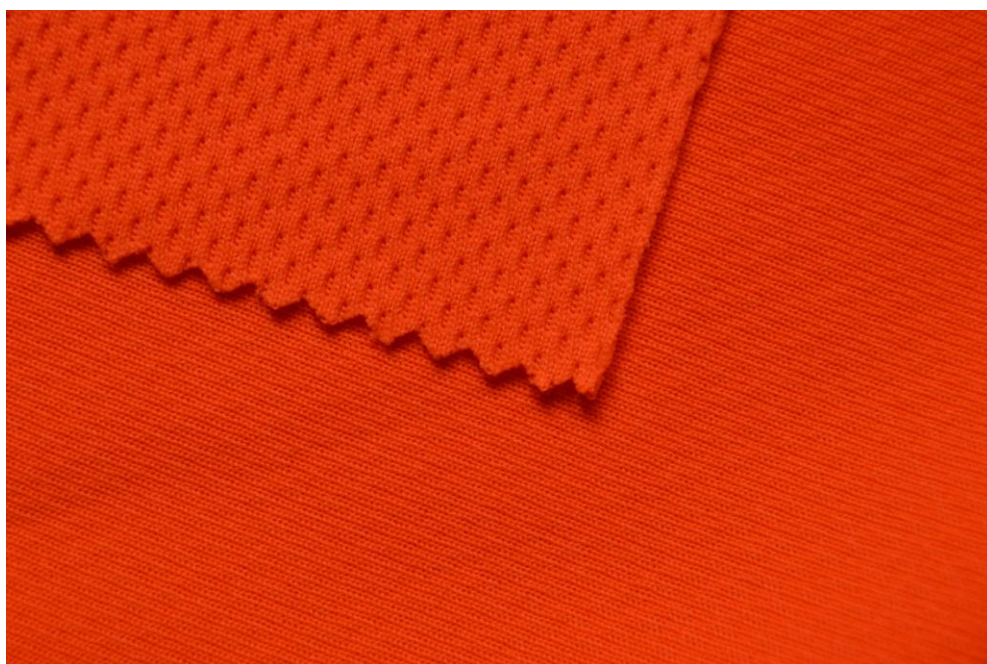
*Obrázek 28 – úplet označený DOC 841[35]*



*Obrázek 29 – úplet označený DOC 848[35]*

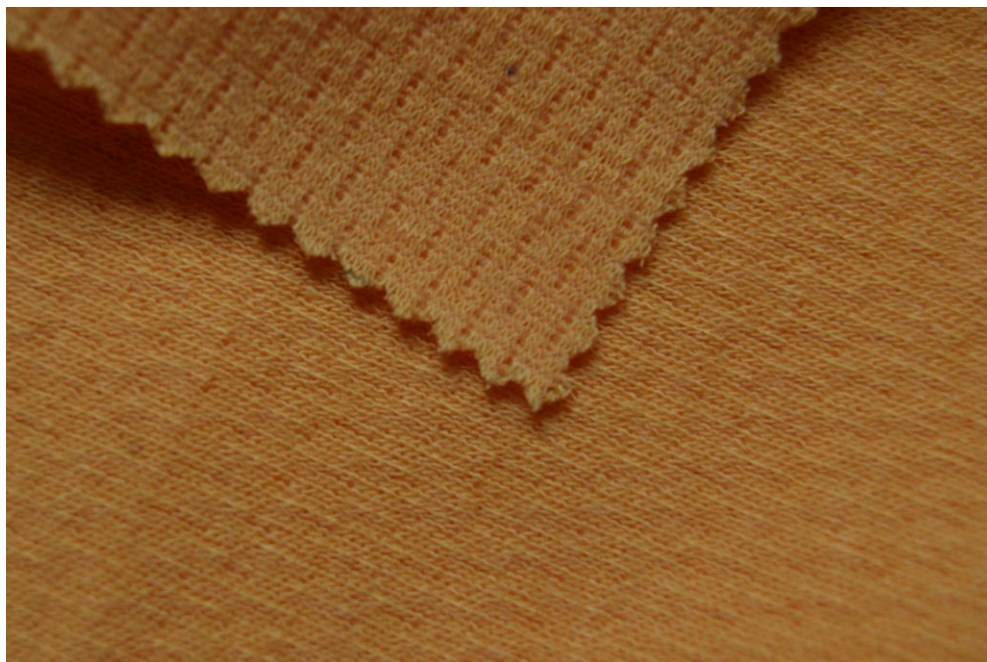


*Obrázek 30 – úplet označený DOC 859[35]*



*Obrázek 31- úplet označený DOC 904[35]*





*Obrázek 32 – úplet označený DTC 213[35]*

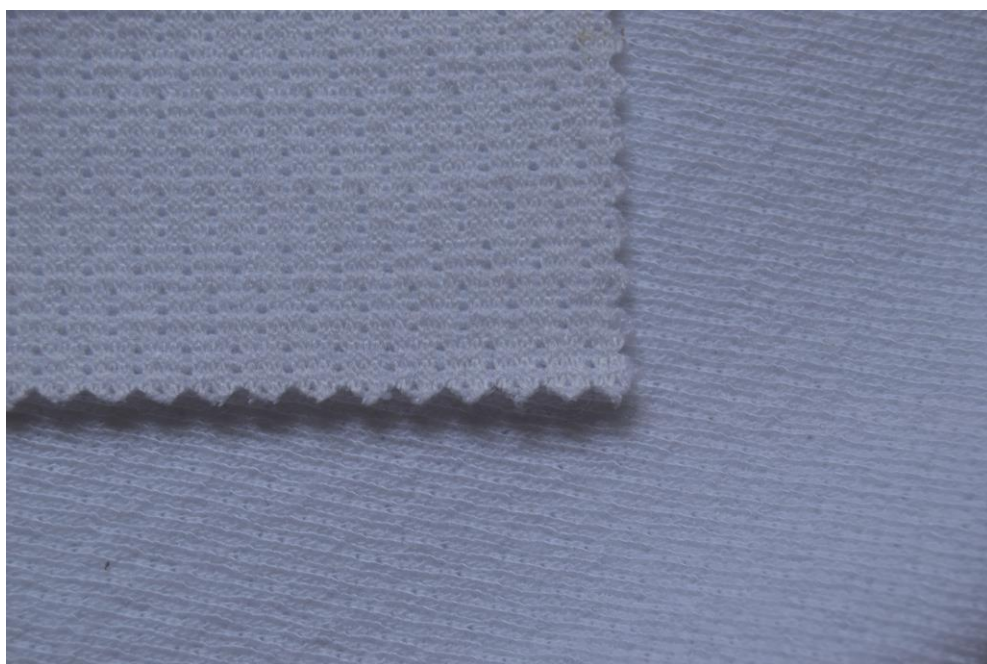


*Obrázek 33 – úplet označený DTC 218[35]*





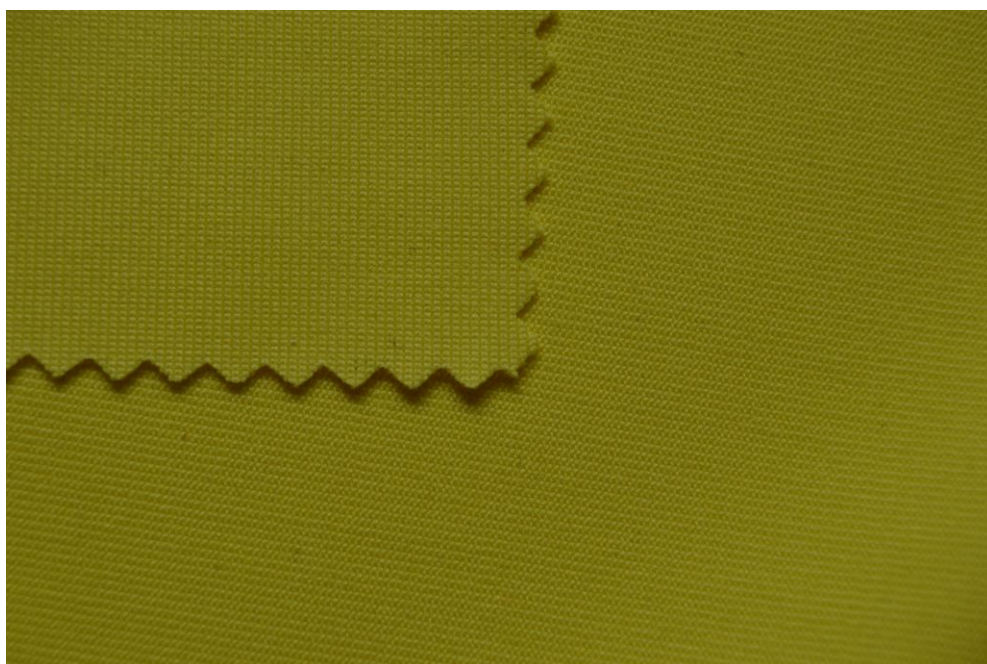
*Obrázek 34 – úplet označený DTC 219[35]*



*Obrázek 35 – úplet označený DTC 228[35]*

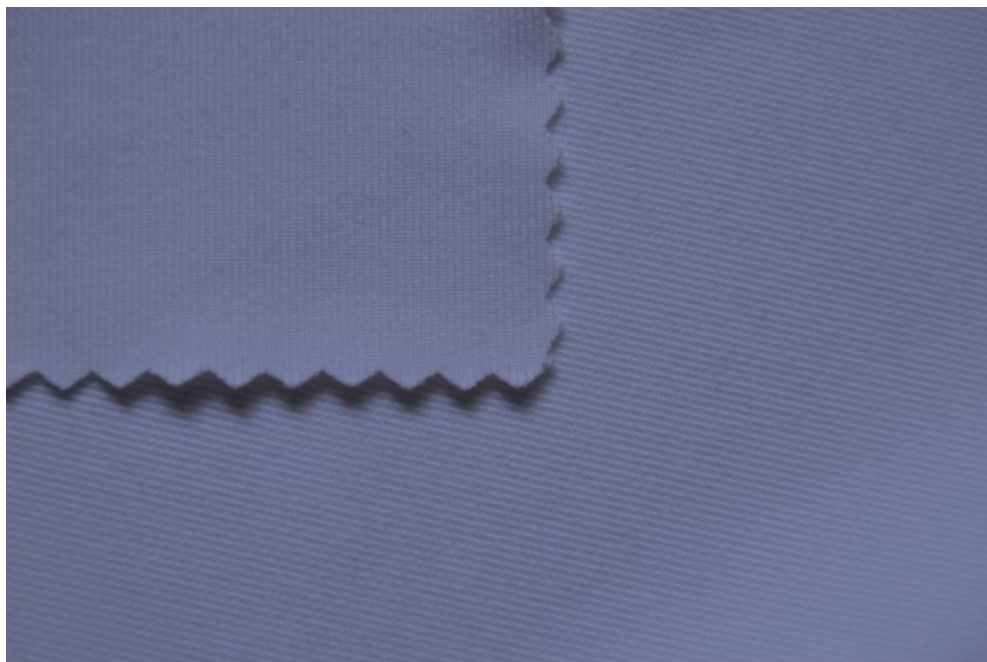


*Obrázek 36 – úplet označený DTC 229[35]*



*Obrázek 37 – úplet označený EC 1060[35]*





*Obrázek 38 – úplet označený EMC 1037[35]*



*Obrázek 39 – úplet označený FSC 205[35]*



*Obrázek 40 – úplet označený FSC 243[35]*



*Obrázek 41- úplet označený FSC 2209[35]*





*Obrázek 42 – úplet označený IMW 300[35]*



*Obrázek 43 – úplet označený JC 342[35]*





*Obrázek 44 – úplet označený JC 347[35]*

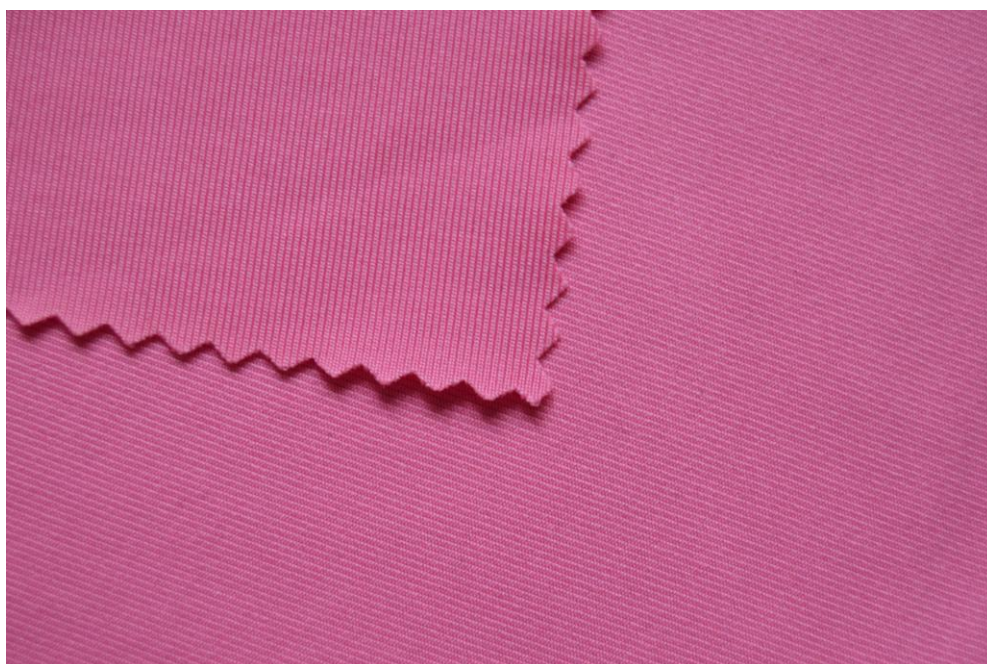


*Obrázek 45 – úplet označený JC 1037[35]*





*Obrázek 46 – úplet označený JC 1060[35]*



*Obrázek 47 – úplet označený JC 1061[35]*





*Obrázek 48 – úplet označený JFC 337[35]*



*Obrázek 49 – úplet označený JK 328[35]*





*Obrázek 50 – úplet označený JV 123[35]*



*Obrázek 51 – úplet označený JV 135[35]*





*Obrázek 52 – úplet označený JV 165[35]*



*Obrázek 53 – úplet označený JW 302[35]*

**Příloha 2 - Naměřené hodnoty funkčních úpletů**Propustnosti pro vodní páry [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]

	DOC 822		DOC 848		JFC 337		JW 302	
Počet měření	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]
1	82,6	1,6	86,7	1,1	65	4	77,6	2,1
2	83,8	1,4	85,6	1,3	64,5	4	79,5	1,9
3	82,1	1,6	85,2	1,3	66	3,9	80	1,9

	FSC 2209		JC 1037		IMW 300		JK 328	
Počet měření	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]
1	75,6	2,9	87,9	1,2	72	2,9	77,6	2,2
2	74,7	3	88,8	1,1	72,4	2,8	76,2	2,3
3	77,9	2,6	89,3	1,1	70	3,2	78,8	2

	JC 342		JV 123		JC 1061		DOC 859	
Počet měření	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]
1	86,1	1,5	81,4	2,1	91,2	0,9	78,4	2,4
2	87,5	1,3	83,1	1,8	89,9	1	78,8	2,4
3	87,3	1,3	82,2	2	89,6	1	78,4	2,4

	DOC 904		JV 135		FSC 243		FSC 205	
Počet měření	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]	p [%]	Ret [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]
1	84,2	1,4	87,7	1	72,6	2,7	76,1	2,3
2	83,5	1,5	86,4	1,2	74,7	2,5	73,6	2,6
3	84,8	1,3	86,5	1,2	77,1	2,2	75,2	2,4

Teplený odpor  $r$  [ $W^{-1} \cdot K \cdot m^2$ ]

Material	DOC 822	DOC 848	JFC 337	JW 302	IMW 300	JK 328	DOC 904	JV 135	FSC 243	FSC 205	JC 342	JV 123	JC 1061	DOC 859
$\bar{x}$	0,0123	0,0112	0,026	0,0107	0,0203	0,0102	0,0126	0,0102	0,0131	0,0118	Error	0,013	Error	0,0146
$v$	1,1	0,7	2,7	0,7	1,2	1,3	1,1	1,4	2	0,8		1,3		1,1

Material	FSC 2209	JC 1037	JV 165	DTC 229	JC 1060	DTC 219	DMC 470	JC 347	DTC 228	DTC 218	DTC 213	DOC 841	EC 1060	EMC 1037
$\bar{x}$	0,0131	0,0069	0,0112	0,0187	0,0072	0,0227	0,0184	0,0079	0,021	0,0207	0,0182	0,0114	0,0075	0,0063
$v$	1,2	0,4	1,9	1,3	0,9	1,6	2,2	2,1	1,5	0,7	1,3	1,2	0,5	0,6

Tepelná jímavost  $b$  [ $W \cdot m^{-2} \cdot s^{1/2} \cdot K^{-1}$ ]

Material	DOC 822	DOC 848	JFC 337	JW 302	IMW 300	JK 328	DOC 904	JV 135	FSC 243	FSC 205	JC 342	JV 123	JC 1061	DOC 859
$\bar{x}$	135	126	110	164	122	194	126	151	149	156	Error	112	Error	138
$v$	3,4	5,1	2,6	4,3	4,2	3,1	3,2	3,5	4,3	4,6		1,9		4,4

Material	FSC 2209	JC 1037	JV 165	DTC 229	JC 1060	DTC 219	DMC 470	JC 347	DTC 228	DTC 218	DTC 213	DOC 841	EC 1060	EMC 1037
$\bar{x}$	155	201	123	128	215	130	150	186	110	107	122	129	205	209
$v$	5,4	2,2	4	9,1	1,9	7,8	4,4	2,5	1,3	3,8	3,2	3,9	1,8	1,9

Měření prodyšnosti [ $l/m^2/s$ ]

Počet měření	DOC 822	DOC 848	JFC 337	JW 302	IMW 300	JK 328	DOC 904	JV 135	FSC 243	FSC 205
1	1180	1420	612	928	1480	428	1030	1590	1080	1570
2	1150	1430	588	854	1380	429	958	1470	1140	1480
3	1100	1410	599	923	1370	418	953	1470	1090	1510
4	1110	1420	600	956	1400	415	935	1490	1120	1460
5	1150	1460	607	851	1350	431	955	1580	1080	1470

Počet měření	JC 342	JV 123	JC 1061	DOC 859	FSC 2209	JC 1037	JV 165	DTC 229	JC 1060	DTC 219
1	1270	2650	341	308	1460	267	1740	1360	285	1000
2	1080	2500	350	299	1330	236	1660	1310	239	920
3	1110	2420	348	290	1380	263	1670	1260	232	950
4	1210	2470	305	291	1310	240	1630	1300	189	980
5	1150	2520	315	290	1370	260	1710	1280	242	986

Počet měření	DMC 470	JC 347	DTC 228	DTC 218	DTC 213	DOC 841	EC 1060	EMC 1037
1	1030	1160	1100	1670	1300	903	201	283
2	1080	1230	1000	1490	1270	918	238	284
3	1030	1220	1040	1580	1280	34	206	299
4	1060	1170	1000	1600	1260	927	211	291
5	1010	1190	1020	1570	1260	894	193	306

### Naměřené hodnoty tloušťky a statistické vyhodnocení

Tloušťka [mm]

Vzorek	1	2	3	4	5	x	směr.odch.	IS dolní	IS horní	medián	min	max
JC 1037	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
JV 165	0,65	0,65	0,65	0,65	0,67	0,65	0,01	0,64	0,67	0,65	0,65	0,67
JC 1060	0,56	0,56	0,56	0,57	0,56	0,56	0,004	0,56	0,57	0,56	0,56	0,57
DOC 822	0,79	0,79	0,78	0,76	0,78	0,78	0,012	0,76	0,79	0,78	0,76	0,79
JC 1061	0,43	0,43	0,43	0,42	0,43	0,43	0,004	0,42	0,43	0,43	0,42	0,43
JV 135	0,59	0,6	0,57	0,59	0,57	0,58	0,013	0,57	0,60	0,59	0,57	0,6
JC 342	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
DOC 859	0,98	0,98	0,99	0,97	0,97	0,98	0,008	0,97	0,99	0,98	0,97	0,99
DTC 229	1,03	1,05	1,04	1,04	1,03	1,04	0,008	1,03	1,05	1,04	1,03	1,05
FSC 2209	0,82	0,82	0,82	0,83	0,82	0,82	0,004	0,82	0,83	0,82	0,82	0,83
DTC 219	1,21	1,26	1,27	1,22	1,22	1,24	0,027	1,20	1,27	1,22	1,21	1,27
DOC 904	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
JK 328	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
IMW 300	0,94	0,95	0,93	0,93	0,91	0,93	0,015	0,91	0,95	0,93	0,91	0,95
JW 302	0,59	0,59	0,59	0,57	0,59	0,59	0,009	0,57	0,59	0,59	0,57	0,59
JFC 337	1,31	1,28	1,29	1,27	1,3	1,29	0,016	1,27	1,31	1,29	1,27	1,31
FSC 243	0,83	0,81	0,8	0,82	0,82	0,82	0,011	0,80	0,83	0,82	0,8	0,83
FSC 205	0,74	0,74	0,73	0,74	0,74	0,74	0,004	0,73	0,74	0,74	0,73	0,74
JV 123	0,67	0,68	0,67	0,69	0,69	0,68	0,01	0,67	0,69	0,68	0,67	0,69
DOC 848	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,004	0,65	0,66	0,66	0,65	0,66
JC 347	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,005	0,51	0,52	0,51	0,51	0,52

EMC 1037	0,48	0,47	0,47	0,47	0,48	0,47	0,005	0,47	0,48	0,47	0,47	0,48
EC 1060	0,55	0,55	0,55	0,56	0,55	0,55	0,004	0,55	0,56	0,55	0,55	0,56
DOC 841	0,67	0,66	0,67	0,66	0,67	0,67	0,005	0,66	0,67	0,67	0,66	0,67
DMC 470	1	1	1	0,99	1,01	1	0,007	0,99	1,01	1	0,99	1,01
DTC 213	0,97	0,96	0,96	0,97	0,96	0,96	0,005	0,96	0,97	0,96	0,96	0,97
DTC 218	1,04	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	0,005	1,03	1,04	1,04	1,03	1,04
DTC 228	1,12	1,13	1,13	1,11	1,12	1,12	0,008	1,11	1,13	1,12	1,11	1,13

### Příloha 3 - Naměřené hodnoty dvou vrstvého laminátu s volnou podšívkou

Propustnosti pro vodní páry [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]

Vzorky	JW 302	JV 165	JV 135	Goretex
1	6,5	6,3	6,1	6,8
2	6,8	6,1	6,1	7,4
3	7,4	6,2	6,1	7,2
4	6,5	6	6,4	6,8
5	6	6,2	6	7,1
6	6,4	6,3	6	7,4
7	6,1	5,9	5,7	7,2
8	6,5	5,2	6,1	6,9
9	6,3	5,3	5,9	7,2
10	6,6	6,2	5,9	7

### Příloha 4 - Skrip použit v programu Matlab pro jednovýběrovou anovu

```
% analiza rozptylu
% H0= vsechny vzorky jsou stejne
% Alternativa= alespon jeden vzorek se lisi

data=[0.0295 0.0301 0.0299 0.0301 0.0297 0.029 0.029 0.0289 0.029
0.0294; 0.0271 0.0267 0.026 0.0267 0.0268 0.0265 0.0261 0.0258 0.0242
0.0256; 0.0245 0.0244 0.0239 0.0241 0.0241 0.0246 0.0248 0.0255 0.0255
0.0244; 0.035 0.037 0.04 0.038 0.035 0.041 0.033 0.039 0.04 0.036] '
%jednotliv0 sloupce jsou skupiny vzorku
[p,table,stats]=anova1(data)
```

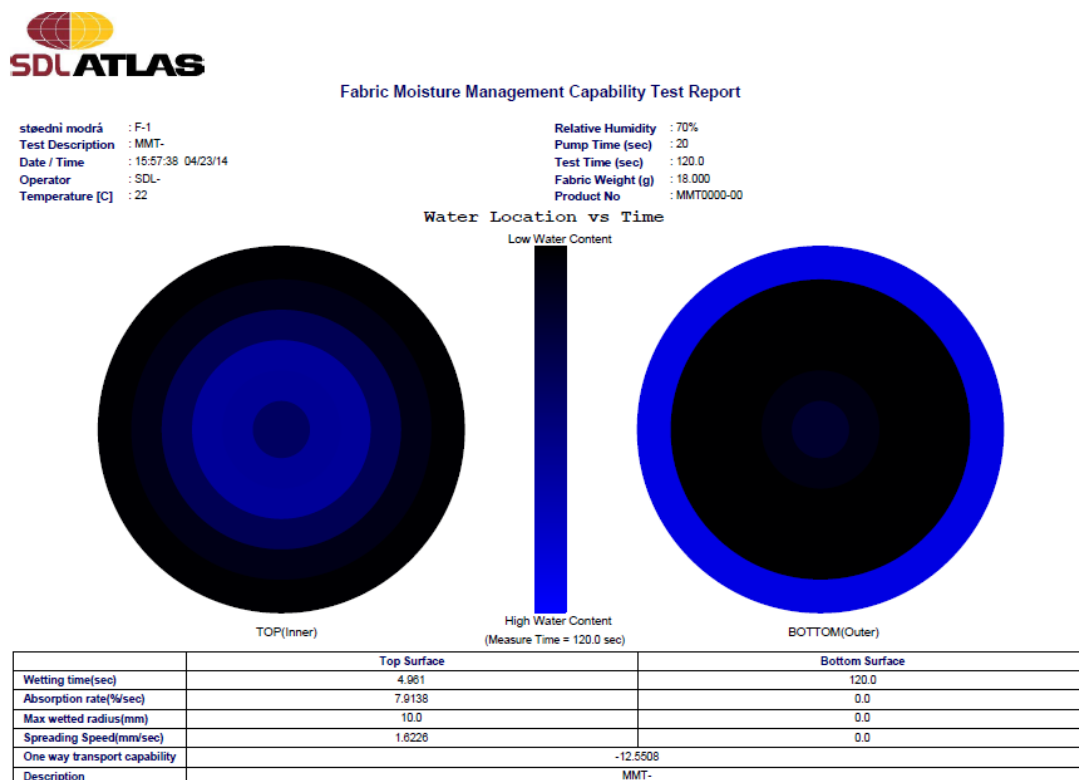
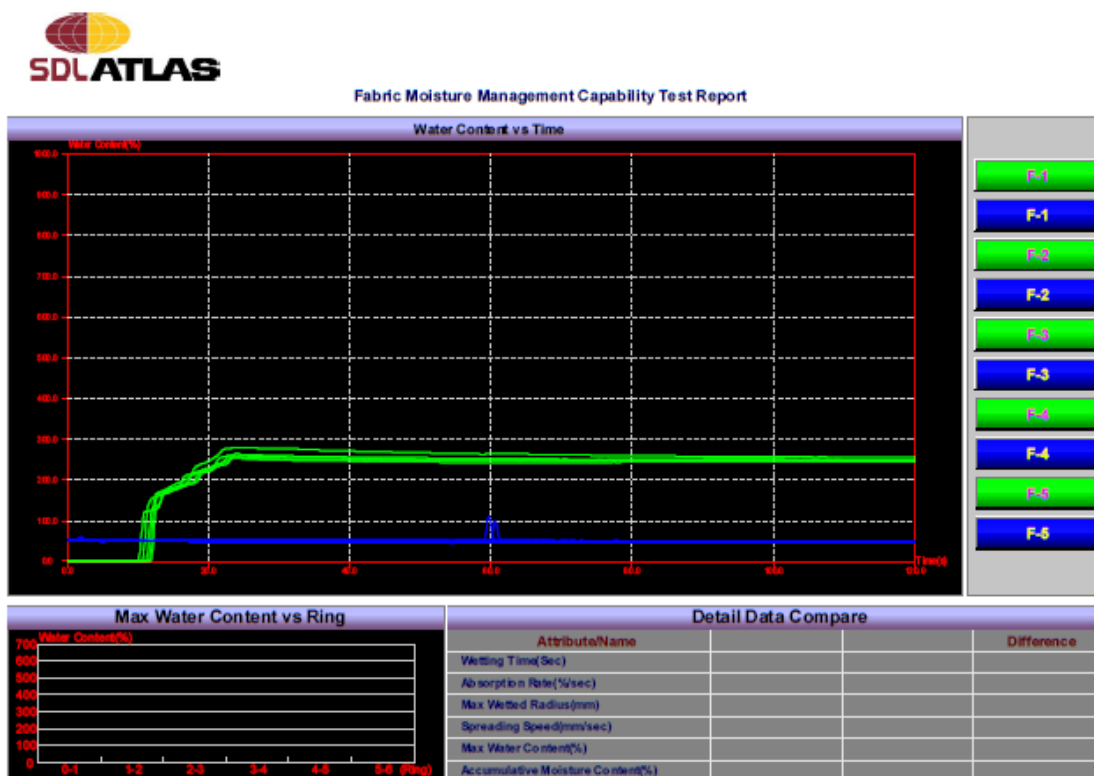
$\text{finv}(1-0.05, 3, 36)$  % porovnat s hodnotou ze sloupceku F z tabulky Anova, tahle hodnota finv je tabulkova hodnota... její hodnoty v zavorce jsou  $(1-0.05, \text{pocet skupin} - 1, \text{celkovy pocet hodnot} - \text{pocet skupin})$

## Příloha 5 - Měření vzlínivosti

Index/Stupeň		1	2	3	4	5				
Doba navlhčení (s)	Horní strana	>=120	JW 302	20~119	JV165 Goretex č.	5~19	Goretex z.	3~5	JV 135	<3
		Žádné navlhčení		Pomalé		Střední		Rychlé		Velmi rychlé
	Spodní strana	>=120	JV 135	20~119		5~19	JW 302 JV165 Goretex č.	3~5		<3
		Žádné navlhčení		Pomalé		Střední		Rychlé		Velmi rychlé
Savost (%/s)	Horní strana	0~10	JW 302 JV165 JV 135 Goretex z. Goretex č.	10~30		30~50		50~100		>100
		Velmi pomalá		Pomalá		Střední		Rychlá		Velmi rychlá
	Spodní strana	0~10	JV135 JV165	10~30	JW302 Goretex č. Goretex z. Dermizac	30~50		50~100		>100
		Velmi pomalá		Pomalá		Střední		Rychlá		Velmi rychlá
Maximální rádius navlhčení	Horní strana	0~7	JW 302 JV165 JV135 Goretex z. Goretex č.	7~12		12~17		17~22		>22
		Žádné navlhčení		Malé		Střední		Ryhlé		Velmi rychlé
	Spodní strana	0~7	JW 302 Goretex č.	7~12	JV 165 JV 135 Goretex č. Goretex z. Dermizac	12~17		17~22		>22
		Žádné navlhčení		Malé		Střední		Rychlé		Velmi rychlé
Rychlost šíření kapaliny (mm/s)	Horní strana	0~1	JW 302 JV165 JV135 Goretex z. Goretex č.	1~2		2~3		3~4		>4
		Velmi pomalá		Pomalá		Střední		Rychlá		Velmi rychlá
	Spodní strana	0~1	JW 302 Goretex z. Goretex č. Dermizac	1~2	JV 165	2~3	JV 135	3~4		>4
		Velmi pomalá		Pomalá		Střední		Rychlá		Velmi rychla
Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny		<=50	JV165 JV135 Goretex z. Goretex č. Dermizac	50~100		100~200		200~400		>400
		Velmi slabá		Slabá		Dobrá		Velmi dobrá		Výborný
OMMC		0~0.2	JW 302 JV165 Goretex z. Goretex č. Dermizac	0.2~0.4		0.4~0.6	JV 135	0.6~0.8		>0.8
		Velmi slabá		Slabá		Dobrá		Velmi dobrá		Výborný



# Výstupy z přístroje MMT



Tvorba dvou-vrstvého laminátu s funkční pleteninou